

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO – FEEC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA – DEB

Rodrigo Plazas

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA CODIFICAÇÃO DE
DEFEITOS EM EQUIPAMENTOS MÉDICOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Estadual de Campinas, como requisito Parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Saide Jorge Calil

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por <u>Rodrigo Plazas</u> e aprovada pela Comissão Julgada em <u>06/02/2002</u> .
 Orientador

Campinas – SP
Fevereiro de 2002

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

RESUMO

O gerenciamento da Manutenção de Equipamentos Médicos sempre tem sido a atividade básica desenvolvida pela Engenharia Clínica em Instituições de Saúde. Existem dois tipos de documentos: a Ordem de Serviço (O. S.) e o Histórico de Manutenção que se constituem nas principais fontes de informações para elaboração de Relatórios Gerenciais. Dentre os vários itens que compõem estes documentos encontra-se campos para o preenchimento da descrição dos defeitos e serviços executados em equipamentos. O que se vê na prática é que tanto em uma O. S. como em um histórico de manutenção, o preenchimento dos campos relativos à descrição dos defeitos é realizado em linguagem natural, sem qualquer tipo de padronização. É neste contexto que surge a necessidade do desenvolvimento de um sistema para a codificação de falhas que ocorrem em equipamentos médico-hospitalares e que possibilite a padronização das informações relativas a esses defeitos, atribuindo-lhes códigos. Este trabalho propõe uma metodologia para o desenvolvimento de um sistema computacional para a codificação de defeitos em equipamentos médicos. O método utilizado foi dividido em 05 etapas: 1) Revisão Bibliográfica 2) Pesquisa em Empresas e Centros de Manutenção com sistemas de codificação já implementados 3) Pesquisa sobre critérios de classificação de equipamentos médicos 4) Estudo do princípio de funcionamento de equipamentos médicos 5) Desenvolvimento da Interface Gráfica (Sistema de Codificação de Defeitos em Equipamentos Médicos - SCODEM) para utilização do sistema proposto. Os resultados encontrados em um estudo de caso mostraram que a metodologia é de fácil implementação e utilização, podendo ser aplicada em centros de manutenção.

Palavras chaves: equipamentos médicos, falhas, codificação, manutenção.

0942257513

ABSTRACT

The maintenance management of medical equipment have always been the basic activity of Clinical Engineering in Health Institutions. There are two types of documents: Work Order and the Maintenance History, that are the principal source of information to elaborate management accounts. Among the various items that compose this documents, two of them are intended for the description of equipment failures and executed services. Usually these descriptions are executed whit no standards. This brings the need to develop a system for description and codification of failures that occur in medical equipment's. This work suggest a methodology for the development of a digital system for the codification of failures in medical equipment. The method used in this work was divided in five sections: 1) Bibliography research; 2) Research in companies and maintenance centers with codification system implemented; 3) Research about classification criterion of medical equipments; 4) Study about medical equipment functions; and 5) Software development: SCODEM – System to failures codification in medical equipment's. The resulted work have shown that the methodology is easy to be implemented, utilised and has great adaptability.

Keywords: medical equipment, failure, codification, maintenance

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	x
NECESSIDADES DE UM SISTEMA DE CODIFICAÇÃO DE DEFEITOS	xii
OBJETIVO DO TRABALHO	xvi
CAPÍTULO 1 - METODOLOGIA	1
1.1) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
1.2) PESQUISA EM EMPRESAS E CENTROS DE MANUTENÇÃO COM SISTEMAS DE CODIFICAÇÃO DE DEFEITOS JÁ IMPLEMENTADOS.	11
1.3) PESQUISA SOBRE CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS	16
1.4)- ESTUDO DO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS.....	26
1.5) CRIAÇÃO DE UMA INTERFACE GRÁFICA PARA O SISTEMA PROPOSTO	46
1.5.1 – <i>Software de Desenvolvimento</i>	46
1.5.2) <i>Parte I – Desenvolvimento do Banco de Dados</i>	48
1.5.3) <i>Parte II – Desenvolvimento da Interface Gráfica</i>	50
1.5.4) <i>Descrição do programa</i>	54
CAPÍTULO 2 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	61
CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICES.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

- figura 1 – Visualização de tabelas e seus relacionamentos para o banco de dados desenvolvido.
- figura 2 – Tela inicial do SCODEM
- figura 3 – Tela para inserir novos equipamentos
- figura 4 – Tela inserir novos blocos funcionais
- figura 5 – Cadastrar novos dados

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1 – Equipamentos Seleccionados
- Tabela 2 – Representação dos equipamentos e seus blocos funcionais
- Tabela 3 – Blocos funcionais representados por cada tipo de equipamento selecionado
- Tabela 4 – Blocos funcionais e número de equipamentos representados
- Tabela 5 – Blocos funcionais e as possíveis causas de defeitos
- Tabela 6 – Blocos funcionais e principais serviços executados
- Tabela 7 – Descrição dos objetos utilizados para o desenvolvimento do banco de dados
- Tabela 8 – Principais formulários e objetos do SCODEM
- Tabela 9 – Descrição dos principais objetos utilizados no SCODEM
- Tabela 10 - Equipamentos seleccionados para o teste da metodologia proposta
- Tabela 11 - Resultado questionário da avaliação da metodologia proposta.

SIGLAS UTILIZADAS NESSE TRABALHO

A/D – *Analógico para Digital*
BAE – *Biblioteca da Área de Engenharia*
CEB – *Centro de Engenharia Biomédica*
CEMEQ – *Centro de Manutenção de Equipamentos*
CO₂ – *Gás Carbônico*
CPFL – *Companhia Paulista de Força e Luz*
ECG – *Eletrocardiograma*
ECRI – *Emergency Care Research Institute*
EEG- *Eletroencefalograma*
FDA – *Food and Drug Administration*
FEEC – *Faculdade de Engenharia Elétrica de Campinas*
HPCS – *Health Product Comparison System*
O.S. – *Ordem de Serviço*
O₂ – *Oxigênio*
SCODEM – *Sistema para Codificação de Defeitos em Equipamentos Médicos*
SGBDR – *Sistema de Gerência de Banco de Dados Relacional Iterativo*
SGTEC – *Sistema de Gerenciamento de Tecnologia*
UNICAMP – *Universidade Estadual de Campinas*
VB – *Visual Basic*

¹ As siglas utilizadas estão de acordo com a literatura nacional e internacional. Por isso aparecem alguns nomes em inglês.

*“A Intuição é obtida somente por
aquele que se esforça durante longo período”*

Louis Pasteur

*À minha esposa Isabel, pela
sua dedicação, apoio e companheirismo
para o desenvolvimento deste trabalho*

AGRADECIMENTOS

À Deus

Ao Prof. Calil, pela orientação, confiança e apoio para o desenvolvimento do trabalho

Aos meus pais e irmã, pelo apoio, carinho e compreensão.

Aos Professores do DEB da FEEC/UNICAMP, em especial aos professores Drs. Eduardo Tavares Costa, José Wilson Magalhães Bassani e Profa. Dra. Vera Button.

Ao aluno de graduação da UNICAMP Cristiano de Castro Silva pela colaboração nas pesquisas sobre sistemas de codificação de defeitos em empresas.

A todos os funcionários do CEB.

Aos colegas de pós graduação: Ernesto, Geice, Zeev, Ricardo, Sandro, Katherine, Mardem, Uilson, Guilherme, Egon, José Alberto, Pedro, Joaquim e todos os outros não citados e que me acompanharam durante esta etapa no DEB.

Aos funcionários da informática do CEB, principalmente ao Wilson e ao Júnior pela grande colaboração.

À CAPES pelo apoio financeiro

INTRODUÇÃO

A Engenharia Clínica é uma especialidade que alia os conhecimentos das ciências médicas e exatas. Surgiu nos Estados Unidos da América nas décadas de 60 e 70 impulsionadas pela necessidade de aumentar a segurança elétrica de equipamentos médicos e reduzir acidentes ocorridos com pacientes (DALZIEL, 1972). Durante as décadas de 80 e 90, ainda nos Estados Unidos, com a evolução tecnológica e a participação cada vez maior da tecnologia nos hospitais, as atividades desta profissão foram ampliadas no sentido de melhorar o desempenho dos equipamentos e reduzir os custos gerados pela implantação desta tecnologia nas unidades de saúde.

No Brasil, a Engenharia Clínica surgiu nas décadas de 80, motivada pelo alto índice de equipamentos desativados ou parados por falta de manutenção e treinamento adequado (WANG e CALIL, 1991).

É uma profissão que vem conhecendo uma grande evolução e vem se mostrando importante na área de saúde pois, tem como uma das suas principais atividades o Gerenciamento da Tecnologia em uma Instituição de Saúde, ou seja, destina-se a assegurar equipamentos apropriados, seguros, eficazes e com custo real no cuidado com os pacientes.

Segundo BRONZINO (1992), um programa de Gerenciamento da Tecnologia desenvolvido por um Departamento de Engenharia Clínica em um Hospital, deve incluir cinco tópicos:

- 1) Programa que controle e monitore o desempenho de equipamentos, incluindo rotinas de teste de desempenho, inspeção inicial, manutenção preventiva, calibração, reparos e ações em acidentes.

2) Envolvimento em todos os aspectos da aquisição de equipamentos e decisões de substituição, desenvolvimento de novos serviços e planejamento de novas construções e reformas mais importantes.

3) Desenvolvimento de programas de treinamento para todos os usuários de equipamentos médico-hospitalares e para os técnicos biomédicos.

4) Um programa que garanta a qualidade relativa ao uso da tecnologia.

5) Gerenciamento de riscos relativos à tecnologia.

O item que engloba o controle dos equipamentos biomédicos e manutenção, inclui um programa de gerenciamento de equipamentos biomédicos que forma a base dos serviços prestados por um grupo de Engenharia Clínica em uma Instituição de Saúde. De acordo com BRONZINO (1992), o gerenciamento de equipamentos envolve basicamente as atividades:

a) Inspeção inicial/teste de aceitação

b) Programação da manutenção

c) Serviços de manutenção corretiva

d) Serviços de manutenção preventiva

e) Alienação/substituição de equipamentos

Dentre estas funções, os serviços de manutenção corretiva ou reparo sempre têm sido a atividade básica e a qual demanda a maior quantidade de recursos humanos, físicos e financeiros da Instituição destinados para a Engenharia Clínica. É o tipo de serviço mais notado pelos usuários dos equipamentos ao contrário das outras atividades da Engenharia Clínica cujos resultados são menos aparentes. Por estes motivos um programa de Engenharia Clínica bem sucedido precisa ter um programa de reparos bem sucedido.

Segundo MIRSHAWKA & OLMEDO (1993) um serviço de reparo consiste em fazer a restituição de um item à sua condição admissível de utilização mediante conserto e/ou reposição das partes danificadas, desgastadas ou faltantes.

Geralmente os pedidos para reparo dos equipamentos partem dos usuários e vêm na forma escrita, verbal ou pelo computador, sendo que o departamento responsável pela manutenção do equipamento emite um documento chamado Ordem de Serviço (O.S.). Nesta, são registradas as principais informações sobre a história da manutenção realizada no equipamento. Dentre os vários itens que normalmente compõem uma O.S. geralmente há um campo com a descrição do defeito encontrado e o serviço executado.

Este campo da O.S. em que o técnico geralmente registra o tipo de falha, o serviço executado e as partes e peças reparadas é feito em linguagem natural, sem qualquer tipo de padronização. É neste contexto que surge a necessidade do desenvolvimento de um sistema de codificação de falhas de equipamentos biomédicos, para possibilitar a padronização das informações relativas aos defeitos dos equipamentos, atribuindo-lhes códigos com o intuito de criar uma eficiente ferramenta para auxiliar a Gerência de Manutenção na tomada de decisões.

Necessidades de um Sistema de Codificação de Defeitos

O serviço de manutenção corretiva é composto de passos bem definidos e típicos. Inicia quando um problema é percebido pelo pessoal de operação (usuário do equipamento), a organização prestadora do serviço é notificada e uma requisição para o serviço (Ordem de Serviço) é feita.

Lenk, citado por Yixiong Xu (1997), propõe um método de quatro passos para solução de defeitos em equipamentos:

- 1) Analisar os sintomas da falha
- 2) Localizar o módulo defeituoso
- 3) Isolar o circuito defeituoso
- 4) Localizar o defeito específico dentro do circuito

Dentro deste último passo, são acrescentados mais dois pelos técnicos:

- 1) Identificar e trocar os componentes defeituosos
- 2) Testar o funcionamento do equipamento completamente

Porém, a metodologia adotada pelos técnicos é particular de cada um, não ocorrendo na prática a adoção de um padrão. Na maioria das vezes o início da manutenção é feito com o técnico tentando diagnosticar o problema. Com o problema diagnosticado, o técnico tenta acessar a parte ou submontagem que falhou. Esta parte é removida e é feita uma tentativa para repará-lo ou ajustá-lo. Se isto não é possível, a parte é trocada. Uma vez que o reparo ou troca da parte é realizado, o equipamento é ajustado e recalibrado se necessário. O equipamento é então inspecionado, testado no modo operacional para assegurar o sucesso da manutenção realizada.

Durante a execução de todos estes passos, o técnico preenche a O.S. emitida para o serviço. Os principais itens que normalmente compõem este documento são:

- a) Identificação do equipamento
- b) Dados do usuário e Departamento solicitante
- c) Hora e data da apresentação da falha
- d) Informações do usuário em relação ao problema
- e) Registro do início e fim dos serviços executados
- f) Campo com a descrição do defeito encontrado e o serviço executado
- g) Tipo de serviço
- h) Materiais e peças utilizadas

Cada Organização possui um modelo próprio de O.S. desenvolvido de acordo com as necessidades e o grau de sofisticação de cada grupo.

Este documento constitui-se em uma das principais fontes de informações para a elaboração de Relatórios Gerenciais, pois através de uma O.S. bem planejada e organizada, é possível se ter um controle dos tipos de serviços prestados, o tempo gasto para a

execução, as peças utilizadas, além de possibilitar o cálculo de importantes indicadores gerenciais, como por exemplo: tempo médio de resposta e tempo médio de reparo.

Além da O.S., alguns Centros de Manutenção mantêm para cada equipamento um outro documento chamado Histórico de Manutenção, que basicamente é um resumo da O.S., contendo principalmente histórico dos defeitos ocorridos com equipamentos. Este documento possibilita que os técnicos, antes de realizarem o conserto, tenham acesso à história das ações de reparos ocorridas anteriormente no equipamento.

O que se vê na prática é que tanto em uma O.S. como em um Histórico de Manutenção, o campo relativo à descrição dos defeitos dos equipamentos e dos serviços realizados geralmente é feita em linguagem natural pelo técnico, dificultando um controle destas informações. Não é raro encontrar o mesmo defeito constatado em um equipamento descrito de formas diferentes.

Através de Históricos de Manutenção, cedidos pelo CEB/UNICAMP para a descrição do reparo de cabo de paciente dos equipamentos de monitoração cardíaca, encontrou-se como exemplos:

- ‘ reparo no cabo’
- ‘ reparação no cabo paciente’
- ‘ conserto cabo paciente’
- ‘ ressoldagem do cabo paciente que estava rompido’

Exemplo semelhante ocorre com a descrição feita para a troca de lâmpada de focos cirúrgicos, o componente danificado foi a lâmpada e a solução foi a troca desta porém, esta mesma ação foi descrita de formas diferentes pelos técnicos que preencheram estes históricos.

- ‘ fornecimento de lâmpada’
- ‘ troca de lâmpada’

- ‘ colocação de lâmpada’
- ‘ substituição de lâmpada’
- ‘ troca de lâmpada queimada’

Este fato dificulta a Gerência de Manutenção para realizar o levantamento de quantas vezes um mesmo equipamento tem retornado com o mesmo tipo de defeito (fato que poderia indicar a qualidade dos serviços de manutenção prestados) ou saber quais equipamentos apresentam um determinado tipo de defeito (indicativo de falha de projeto). Para que isto possa ser feito, é necessário a leitura e análise dos registros de manutenção de cada equipamento. Para grupos que gerenciam um grande volume de equipamentos como por exemplo, o Centro de Engenharia Biomédica com 800 Ordens de Serviços por mês, a análise estatística dos defeitos através da leitura do histórico torna-se praticamente inviável.

Caso estas informações estivessem condensadas e padronizadas e utilizando-se um número reduzido de códigos, é possível ter uma ferramenta para facilitar a análise do histórico de defeitos em equipamentos médicos, podendo auxiliar a Gerência de Manutenção na tomada de decisões sobre questões como:

- treinamento de técnicos de manutenção
- treinamento de operadores dos equipamentos
- qualidade do serviço de manutenção corretiva prestado
- substituição de equipamentos ou partes deles
- identificação de erros de projetos em equipamentos
- especialidade de técnicos a serem contratados
- comparação dos tipos de defeitos encontrados em equipamentos de um mesmo tipo e fabricantes diferentes
- identificação de defeitos intermitentes
- identificação de componentes de baixa qualidade em equipamentos
- identificação de erros na instalação dos equipamentos e/ou suprimentos para o funcionamento adequado dos mesmos
- inclusão de equipamentos em programas de Manutenção Preventiva

- identificação de procedimentos inadequados de Manutenção Corretiva adotados pelo técnico.
- elaboração de roteiros para execução de Manutenção Preventiva
- elaboração de programas de manutenção Preditiva

Além de proporcionar à Gerência maior facilidade na visualização dos problemas encontrados com equipamentos, a codificação de falhas feita de forma digital pode auxiliar na resolução de outro problema geralmente encontrado em centros de manutenção: a grande maioria dos técnicos não gostam de perder tempo preenchendo Ordens de Serviço e Histórico de Defeitos.

Objetivo do Trabalho

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para a criação de um sistema computadorizado para a codificação de defeitos de equipamentos médico-hospitalares, e, também a criação de uma interface gráfica, utilizando linguagem de programação visual, para a utilização do sistema proposto.

CAPÍTULO 1 – METODOLOGIA

Para a elaboração de uma proposta para um sistema de codificação de defeitos em equipamentos médicos, foi necessário desenvolver uma metodologia que foi dividida em 05 etapas.

A seqüência de desenvolvimento e as análises de cada uma destas etapas foram realizadas com o objetivo de obter um sistema de codificação que apresentasse as seguintes características:

- Número reduzido de itens de códigos a serem selecionados durante o preenchimento dos campos do sistema proposto
- Possibilidade de inserção de qualquer tipo de equipamento no sistema proposto
- Grau de detalhamento das informações e um conjunto de campos para os códigos que possibilite um efetivo controle do histórico de manutenção
- Facilidade e rapidez de utilização
- Adaptabilidade a Centros de Manutenção que gerenciam desde um número reduzido até um grande parque de equipamentos
- Possibilidade de implementação utilizando *software* (linguagem de programação)

O primeiro passo foi recorrer à literatura, realizando uma revisão bibliográfica, com o objetivo de procurar trabalhos que descrevessem especificamente metodologias para desenvolvimento de sistemas de codificação de defeitos em equipamentos médicos.

Esta revisão bibliográfica (descrita abaixo no item 1.1) foi realizada nas seguintes fontes de consulta sobre engenharia biomédica :

- Base de dados Medline (1990 a 2001)
- Base de dados COMPENDEX PLUS (1990 a 2001)
- Journal of Clinical Engineering (1989 a 2001)

- Revista Biomedical Instrumentation & Technology (1976 a 200

Como não foram encontrados trabalhos com as características citadas acima, partiu-se para uma pesquisa de sistemas de codificação de defeitos já implementados em empresas e Centros de Manutenção, constituindo-se na etapa 2 (descrita no item 1.2).

O objetivo desta 2ª etapa foi analisar principalmente a idéia empregada para o desenvolvimento de sistemas de codificação, a metodologia utilizada, problemas encontrados e resultados alcançados.

Pode-se observar que as instituições pesquisadas implantaram seus sistemas de codificação de defeitos, com o objetivo de criar uma ferramenta que auxiliasse a Gerência de Manutenção em manter um controle dos defeitos dos equipamentos, e facilitar a análise destes defeitos.

Cada instituição desenvolveu um sistema próprio de codificação, não seguindo nenhum tipo de modelo ou critérios pré-estabelecidos. O detalhamento das informações relativas aos defeitos dos equipamentos, a definição dos campos para o preenchimento dos códigos e a forma de utilização destes campos, foram desenvolvidos de acordo com o grau de sofisticação de cada organização, os tipos de equipamentos englobados pela manutenção, e o que cada organização pretendia obter com o retorno das informações codificadas.

A análise feita no sistema desenvolvido para a CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), mostrou que para esta empresa é importante saber a localização geográfica onde ocorre o maior número de falhas no sistema de distribuição de energia elétrica, para que a companhia possa programar melhor seus serviços de manutenção. Já, na SID Informática, que presta serviços para uma gama bem específica de equipamentos, foi criado um sistema que apresenta um campo onde são descritos os componentes defeituosos (denominado referência, ver APÊNDICE IV) com um alto grau de detalhamento de informações. Foi desenvolvido desta forma pois, o retorno destas informações além de colaborar para a área de serviços para um melhor planejamento de ações, é também de grande importância para a área de

desenvolvimento da empresa que utiliza estas informações recebidas para realizar uma avaliação da atuação do produto no mercado.

Os sistemas encontrados no CEMEQ (Centro de Manutenção de Equipamentos da UNICAMP), e nas Instituições Hospitalares citadas no item 1.2, foram desenvolvidos com o mesmo objetivo, ou seja, dotar a Gerência de Manutenção de informações relativas aos defeitos dos equipamentos para tomada de ações visando a melhoria da qualidade dos serviços prestados.

Além deste fato, observou-se nestes sistemas um menor grau de detalhamento de informações onde somente as principais informações relativas aos defeitos (exemplo: principais componentes, principais sintomas, etc.) foram codificadas e se apresentaram suficientes para obtenção de resultados.

No CEMEQ por exemplo, depois da implementação do sistema identificou-se que a principal causa dos defeitos ocorridos com impressoras era devido a utilização incorreta do equipamento por parte dos usuários, o que motivou o grupo a criar uma apostila explicativa sobre a operação deste tipo de equipamento.

Um fato observado nos exemplos encontrados na área hospitalar, foi que as listas de códigos que englobam todos os tipos de equipamentos, apresentaram-se muito extensas. No sistema proposto pelo CEB (Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP) a lista de códigos de partes e peças reparadas contém mais de 170 itens (ver apêndice I), o que dificultou sua implementação devido a dificuldade encontrada pelos técnicos em consultar a tabela. Estas listagens que apresentam um grande número de códigos, dificultam a utilização do sistema, acarretando um trabalho adicional para o técnico e como consequência um gasto maior de tempo.

Nos campos para códigos de defeitos do *software* SGTEC (Sistema de Gerenciamento de Tecnologia) desenvolvido nesta proposta, será apresentada uma listagem onde as condições/defeitos de todos os tipos de equipamentos ultrapassa a 250 itens.

Nesta fase de desenvolvimento do trabalho surgiu o maior desafio de se propor um sistema de codificação de defeitos para equipamentos médicos dentro das características desejadas citadas no início do capítulo, ou seja, o desafio de propor um sistema que apresente facilidade e rapidez de utilização, com um número reduzido de itens de códigos para o seu preenchimento, levando-se em consideração a grande diversidade de equipamentos médicos existentes e os diferentes princípios de funcionamento destes equipamentos. Conclui-se que as características desejadas para o sistema neste trabalho, não foram encontradas nos exemplos das empresas citadas.

Desta forma, o próximo passo foi realizado a partir da idéia de classificar os equipamentos em grupos, na tentativa de reduzir as listas de códigos que englobariam o sistema, iniciando-se desta maneira a etapa 3. Isto ocasionou a realização de uma pesquisa na literatura (descrita no item 1.3) para se conhecer os critérios de classificação de equipamentos médicos. Esperava-se como resultado desta pesquisa a obtenção de alguma sugestão de grupos de equipamentos que possibilitasse o desenvolvimento de uma proposta para um sistema de codificação de equipamentos com o conjunto de códigos de defeitos definidos por grupos e que atendesse às características já citadas.

Realizou-se uma análise de todas as classificações de equipamentos encontradas, e foi constatado que as mesmas não satisfizeram o objetivo pretendido do estudo.

Os critérios de classificação encontrados, apesar de não fornecerem uma sugestão de grupos de equipamentos para elaboração de um sistema de codificação de defeitos com as características desejadas, trazem indicações de classificações que podem ser úteis para grupos de Engenharia Clínica e Gerências de Manutenção de Equipamentos na organização e melhoria de seus serviços.

Uma outra idéia para elaborar uma proposta de sistema de codificação, foi a de classificar os equipamentos em grupos com semelhanças entre suas constituições funcionais internas e criar um conjunto de códigos para os defeitos de cada grupo de equipamentos. Para

isto foi realizado um estudo do princípio de funcionamento de equipamentos médicos (vide item 1.4), constituindo-se na quarta etapa do trabalho.

Esta proposta de se criar um sistema de codificação fechado por grupos de equipamentos com semelhanças entre suas constituições funcionais internas apresentou dois tipos de problemas:

- 1) O fato de existir uma grande diversidade de equipamentos com diferentes princípios de funcionamento além de que em muitos casos, para um mesmo tipo de equipamento encontra-se tecnologias completamente diferentes, dificultou a criação de um critério para alocar um determinado equipamento em um ou outro grupo. Por exemplo: em carrinhos de anestesia (equipamentos utilizados, durante uma cirurgia, para a administração de agentes anestésicos), são instalados equipamentos de ventilação com princípio de funcionamento inteiramente pneumático. Nestes casos, este tipo de carrinho poderia ser alocado em um grupo de equipamentos que possuem como princípio de funcionamento um controle mecânico e pneumático: fluxômetros, ventiladores mecânicos, aspiradores, nebulizadores, umidificadores e outros. Por um outro lado, existem carrinhos de anestesia cujo equipamento de ventilação instalado possui controles totalmente eletrônicos, com comunicação com a Internet e rede de dados que obviamente seriam alocados em um grupo de equipamentos com o perfil eletrônico e voltados para a informática.
- 2) Este mesmo fato (grande diversidade de equipamentos existentes) dificultou uma proposta de um sistema de codificação com um número reduzido de grupos de equipamentos, com semelhanças entre suas constituições funcionais internas, que possibilitasse a inserção de qualquer tipo de equipamento dentro dos grupos propostos. Codificar as informações de falhas para os grupos de equipamentos também daria origem a grandes listagens de defeitos, o que se queria evitar.

Durante o desenvolvimento da etapa 4 do trabalho (item 1.4 – estudo do princípio de funcionamento dos equipamentos médicos), foi realizada uma divisão dos equipamentos em

blocos funcionais (diagrama de bloco) a partir dos circuitos elétricos, partes mecânicas e partes óticas que compõem o mesmo. Nesta divisão, procurou-se seguir uma forma padronizada de forma que um mesmo bloco funcional, pudesse ser representado em vários tipos de equipamentos (ver tabelas 3 e 4 no item 1.4, na página 26, que foram montadas com o objetivo de ilustrar o resultado deste estudo). O resultado deste estudo (verificação da possibilidade de que um mesmo tipo de bloco funcional pode ser representado em vários tipos de equipamentos), aliado às observações feitas no estudo dos diversos sistemas de codificação encontrados levou a uma primeira proposta para o desenvolvimento de um sistema de codificação de defeitos, veja esquema ilustrativo abaixo:



Onde:

- **Causa** : a causa do defeito ocorrido
- **Bloco Funcional** : a parte do equipamento que apresentou defeito
- **Componente** : o componente do bloco funcional que apresentou defeito
- **Serviço Executado** : o serviço executado para reparar o defeito

A principal característica do sistema acima é que os campos a serem preenchidos possuem informações relacionadas entre si, ou seja, como pode-se observar nas tabelas 03 e 04 do item 1.4 para cada tipo de equipamento existe um conjunto de blocos funcionais e um mesmo bloco funcional pode ser representado em mais de um tipo de equipamento.

Desta forma, esta primeira proposta teria as seguintes características quanto à sua estrutura e forma de utilização: o sistema seria formado por 04 campos : 01 - **causa**, 02 - **bloco funcional**, 03 - **componente** e 04 - **serviço executado**. Como todo o sistema foi desenvolvido para poder ser implementado de forma informatizada, optou-se por utilizar caracteres numéricos como sendo os códigos das informações a serem inseridas nos campos. No campo **causa**, seria utilizada em princípio a tabela de possíveis causas, ver Apêndice I. Esta tabela foi

levantada pelo grupo de técnicos e engenheiros do CEB/UNICAMP e contém as principais causas de defeitos para todos os tipos de equipamentos médicos, por exemplo: erro de operação do equipamento, oxidação, desgaste da peça, etc.. Seria uma tabela única para ser utilizada para todo tipo de equipamento inserido no sistema, ou seja, uma única tabela contendo a listagem das principais causas de defeitos encontrados em equipamentos médicos.

Para o campo **serviço executado**, também seria utilizada a tabela de serviço executado levantada no CEB, ver apêndice I, que é constituída somente com as informações das ações de serviços executados em equipamentos (exemplo: troca, limpeza, aperto, soldagem, pintura, etc). Assim como a tabela de possíveis causas, a tabela de serviços executados também seria única e utilizada para todos os tipos de equipamentos.

O campo **bloco funcional** seria composto de uma listagem de todos os blocos funcionais dos equipamentos inseridos no sistema (ex: fonte de alimentação, conjunto óptico, controle de temperatura, etc.). Estes blocos funcionais seriam inseridos no sistema a partir do estudo e da divisão dos equipamentos em diagramas de blocos. Como para cada tipo de equipamento existe somente um pequeno conjunto de blocos funcionais, este sistema propõe uma relação para estes dois campos de informações, ou seja, num sistema computadorizado ao selecionar-se um equipamento para o preenchimento dos códigos, no campo blocos funcionais surgiria apenas os blocos relacionados ao equipamento, diminuindo desta forma o número de itens a ser pesquisado.

O campo **componente** seria composto por uma tabela com todos os principais componentes de equipamentos médicos (transformador, bateria, sensor, cabo de força, microprocessador, motor, ventoinha, mostradores (“*display*”), lâmpada, válvula solenóide, etc). Neste seria utilizada a tabela componentes levantadas pelo CEB (ver apêndice I). Estes componentes estariam relacionados somente com os blocos funcionais aos quais fazem parte. Assim, toda vez que um bloco funcional fosse selecionado para ser codificado, logo após surgiriam os componentes que compõem este bloco, ou seja, somente os componentes relacionados a este bloco.

Para ilustrar melhor o que seria a utilização deste sistema e os relacionamentos de informações que ele propõe, será demonstrado uma possível seqüência de códigos que poderia ser utilizada para o defeito: queima de resistência, em um equipamento para Banho Maria. Os códigos que serão utilizados neste exemplo são puramente ilustrativos, não sendo encontrados em nenhuma tabela deste trabalho.

Depois de selecionado o equipamento Banho Maria, o primeiro campo a ser preenchido seria o campo **causas**. Surgiria a tabela de causas levantada pelo CEB (apêndice I) e, dentro destes itens selecionaríamos a causa: desgaste da peça – código 009. Este código seria alocado no campo **causas**. Em segundo lugar apareceria como opção a seleção do **bloco funcional** do equipamento onde ocorreu a falha: fonte de alimentação, controle de temperatura, gabinete “*display*”, cada bloco com seus respectivos códigos (veja tabela 2 item 1.4). Como já dito acima, a tabela blocos funcionais seria formada pela listagem de todos os blocos funcionais de equipamentos inseridos no sistema, porém como há relacionamento de informações entre equipamento e **bloco funcional**, neste momento do preenchimento para o usuário apareceria como opção somente os blocos referentes ao equipamento selecionado. Como o defeito foi queima de resistência, o **bloco funcional** a ser selecionado seria : controle de temperatura – código 025. Na seqüência surgiriam os principais **componentes** do bloco selecionado: (sensor de temperatura, aquecedor, componente eletrônico), selecionando-se aquecedor: código – 005. E, no final teríamos como opção a tabela serviço executado, cuja opção seria a ação troca: código 034. Resumindo:

Campo	Código	Descrição
Causa	009	Desgaste da peça
Bloco Funcional	025	Controle de temperatura
Componente	005	Aquecedor
Serviço executado	034	Troca

A necessidade do preenchimento de quatro campos (fato que gera um gasto de tempo maior para o preenchimento) e a possibilidade de otimização e melhoria da proposta acima levou a apresentação de uma nova proposta, com os campos descritos da seguinte forma:



Onde:

- **Bloco funcional**: representa a parte do equipamento que sofreu defeito
- **Causa**: a causa do defeito ocorrido
- **Serviço Executado**: o serviço executado para reparar o defeito

Esta nova proposta foi a definitiva no desenvolvimento deste trabalho. Este sistema proposto mantém a característica de apresentar informações relacionadas entre si e neste caso, o campo **bloco funcional** relaciona-se com o campo **causas** e também com o campo **serviço executado**. Os campos **bloco funcional** e **causa** desta nova proposta são constituídos da mesma maneira que o citado na primeira proposta, ou seja, englobam respectivamente uma listagem com os principais blocos funcionais e as possíveis causas de defeitos em equipamentos médicos. Porém há um relacionamento entre estes campos e este relacionamento significa que para cada bloco funcional existe somente um conjunto de causas de defeitos e somente este conjunto é atribuído ao bloco. Por exemplo; selecionando-se como bloco defeituoso aquele que representa a fonte de alimentação, não teríamos como opção de escolha informações do tipo: falta de água e outros. A atribuição das possíveis causas de defeitos para cada bloco funcional é encontrada na tabela 05, item 1.4.

O campo **serviço executado** não é formado somente com a ação do serviço (troca, limpeza, pintura, etc) como no caso da primeira proposta. Ele é constituído com a descrição completa dos serviços executados nos equipamentos, como por exemplo: troca fusível, limpeza contatos, troca manômetro, troca cabo de força, regulagem pressostato, limpeza válvula solenóide, limpeza filtro, ajuste do prisma, retirada vazamento, regulagem válvula de segurança, reparo bomba de óleo, etc.. A tabela com as informações dos principais serviços executados em cada bloco funcional foi levantada analisando cerca de 200 Ordens de Serviço (retiradas de um banco de dados do CEB-UNICAMP) para cada tipo de equipamento estudado

e também através de consultas com Engenheiros e Técnicos em equipamentos biomédicos. Como dito anteriormente, há um relacionamento entre o campo **bloco funcional** e o campo **serviço executado**, significando que os serviços executados em um equipamento são atribuídos aos blocos correspondentes, por exemplo: “troca cabo de força” para bloco funcional fonte de alimentação, “troca sensor de temperatura” para o bloco controle de temperatura e outros (veja tabela 06 item 1.4).

Somente para exemplificar a utilização deste sistema proposto, retomaremos ao exemplo realizado com o defeito queima de resistência para o equipamento Banho Maria. Para este caso teríamos a seguinte seqüência de códigos: para o campo **bloco funcional** seria selecionado o bloco “controle de temperatura”, código 025; para o campo **causas** selecionaríamos a causa “desgaste da peça”, código 009 (note que neste caso o usuário terá como opção somente as causas de defeito referentes ao bloco) e, para o **campo** serviço executado selecionaríamos “troca aquecedor”, código 031 (veja tabela 06 item 1.4) Resumindo:

Campo	Código	Descrição
Causa	009	Desgaste da peça
Bloco Funcional	025	Controle de temperatura
Serviço executado	034	Troca aquecedor

Procurou-se com estas alterações propor um sistema que apresentasse um número reduzido de itens a serem preenchidos e um conjunto mínimo de campos que possibilitasse um controle efetivo do histórico de manutenção dos equipamentos.

Depois de seguidos todos os passos para se chegar na elaboração da proposta acima, partiu-se para a construção de uma interface gráfica para possibilitar sua implementação e testes de funcionamento. Este passo constituiu-se na etapa 5 do trabalho, descrita no item 1.5.

A seguir serão descritas pormenorizadamente as etapas seguidas para a elaboração da proposta.

1.1) Revisão Bibliográfica

Foi feita uma busca nas bases de dados COMPENDEX PLUS e MEDLINE . As buscas nestas bases de dados foram realizadas utilizando-se a estratégia de busca por palavras chaves. As palavras utilizadas foram: *equipment, maintenance, codification, failure, medical, clinical e biomedical*. O período abrangido da pesquisa foi de 1990 a 2001 para ambos os bancos de dados. Como dito no início do capítulo 1 , o objetivo destas buscas foi de encontrar trabalhos que descrevessem especificamente metodologias para codificação de defeitos em equipamentos médicos e, obteve-se um resultado negativo, ou seja, nenhum trabalho foi encontrado.

Para os periódicos Journal of Clinical Engineering e Biomedical Instrumentation and Technology foram revisados todos os fascículos contidos na BAE (Biblioteca da Área de Engenharia) da UNICAMP e também não foram encontrados publicações sobre sistemas para codificação de defeitos de equipamentos médicos. Os períodos das publicações pesquisadas foram: de 1976 a 2000 para a revista Biomedical Instrumentation and Technology e de 1989 a 2001 para o Journal of Clinical Engineering.

As fontes de consulta, citadas neste capítulo, foram escolhidas por se julgar as melhores e mais completas fontes sobre pesquisas realizadas nas áreas de Engenharia Clínica.

1.2) Pesquisa em Empresas e Centros de Manutenção com sistemas de codificação de defeitos já implementados.

A seguir serão descritos alguns exemplos de sistemas de codificação encontrados.

1.2.1) CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz)

O sistema encontrado na CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) é utilizado na manutenção da rede de distribuição de energia elétrica. O sistema utiliza códigos numéricos, com quatro campos, e com espaço para dois dígitos em cada campo:



Área: descreve local geográfico da falha. Exemplo:

Zona rural primária	Cod.07
Zona urbana primária	Cod.08

Causa: o que proporciona a falha. Exemplo:

Queimada embaixo da linha	Cod. 04
Pipa	Cod.09

Equipamento: o equipamento ou o componente que foi danificado. Exemplo:

Cruzeta	Cod.02
Fusível a óleo	Cod.03

Defeito: o defeito apresentado. Exemplo:

Quebra	Cod.11
Queima	Cod.13

Para a utilização deste sistema juntamente com a O.S., é afixada uma tabela com os códigos para o preenchimento de cada campo citado acima. Não foi possível documentar este sistema na íntegra, ou seja, todos os códigos com suas respectivas descrições, pois a Companhia não pode fornecer.

1.2.2) CEMEQ (Centro de Manutenção de Equipamentos)

O Centro de Manutenção de Equipamentos da UNICAMP, oferece manutenção ao seguinte grupo de equipamentos:

Autoclave	Balança	Bomba	Câmara Frigorífica
Compressor de ar	Condicionador de ar	Espectrofotômetro	Estabilizador
Estufa	Fotocopiadora	Freezer	Furadeira
Gravador	Impressora	Lixadeira	Máquina de escrever
Máquina Off-set	Microcomputador	Microscópio	Monitor de vídeo
Multímetro	Osciloscópio	Projeter de Slides	Refrigerador
Retroprojeter	Televisor	Transceptor de rádio	Vídeo cassete

O sistema de codificação desenvolvido, utiliza mnemônicos, com espaço para quatro caracteres, e engloba os seguintes campos:



No CEMEQ há um sistema informatizado de gerenciamento da manutenção. A abertura e o fechamento das O.S. s são feitas através de um sistema computacional que contém, entre outros, um banco de dados com os códigos dos campos citados acima. O programa permite a visualização na tela dos códigos a serem selecionados pelos técnicos no preenchimento da O.S. No Apêndice II encontra-se as tabelas com os códigos e a sua descrição. Após um certo número de reparos realizados em um tipo de equipamento, o *software* gera relatório denominados “diagnósticos de manutenção” para serem analisados pela gerência.

1.2.3) SGTEC (Sistema de Gerenciamento de Tecnologia em Engenharia Clínica)

Um outro exemplo encontrado foi SGTEC (Sistema de Gerenciamento Tecnológico em Engenharia Clínica), um *software* comercial produzido pela Empresa Engenharia Clínica Ltda., de gerenciamento de tecnologia médica. Este, além de realizar inúmeras funções também possui campos para a codificação de defeitos em equipamentos médicos. Estes são:



onde:

Cond./defeito: descreve a condição do defeito do equipamento apresenta. Exemplo:

Lâmpada queimada	Cód.032
Correia solta	Cód.039

Ação/correção: descreve as atitudes tomadas para ação e correção dos defeitos. Exemplo:

Troca de bateria	Cód.029
Troca da lâmpada	Cód.026

No apêndice III há uma lista mais completa com os códigos fornecidos pela empresa. O esquema de utilização é parecido com o do CEMEQ, ou seja, o técnico vai preenchendo a O.S. com todos os dados solicitados e preenche os campos relativos as defeitos selecionando-os na tela do computador.

1.2.4) CEB (Centro de Engenharia Biomédica)

No Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP, foi proposta uma idéia para a codificação utilizando-se mnemônicos para descrever os campos:



Causas: principais causas de falhas de equipamentos médicos

Serviço executado: principais serviços executados para reparar os defeitos

Partes e peças: principais partes e peças dos equipamentos que são reparadas

O CEB/UNICAMP também possui um sistema informatizado de Gerenciamento de Manutenção com campos para codificação de defeitos a serem preenchidos na O.S.. Porém, para o preenchimento dos campos foi criada uma cartilha com os códigos dos campos descritos acima, a ser consultada pelo técnico no final da manutenção, ou seja, no fechamento de uma O.S.. O Apêndice I apresenta a apostila com detalhes.

1.2.5) SID Informática

A SID é uma grande empresa na área de computadores e informática e que oferece assistência técnica para seus produtos.

Geralmente a manutenção feita pelos técnicos da SID é realizada em campo, ou seja, no local onde os equipamentos estão instalados. Juntamente com a O.S. é afixada uma “Tabela de Codificação” que deve ser consultada pelo técnico para o preenchimento da O.S.. O Apêndice IV mostra a tabela citada acima.

E os campos utilizados são:



onde:

referência: descreve a parte do equipamento, ou o equipamento defeituoso.

defeito: o defeito apresentado pelo equipamento.

solução: a solução tomada para reparar o defeito.

1.2.6) Hospital São Rafael (Salvador – Ba)

Um outro exemplo obtido na área hospitalar foi do Hospital São Rafael. Neste hospital também há um sistema informatizado para gerenciar a manutenção e possui somente um campo a ser preenchido que é relativo às causas dos defeitos dos equipamentos:



O Apêndice V mostra em detalhes a tabela de causas cedida pelo Hospital

1.3) Pesquisa sobre critérios de Classificação de Equipamentos Médicos

Conforme dito no início deste capítulo, durante as etapas desenvolvidas para a elaboração da proposta do sistema de codificação, foi realizada uma pesquisa sobre critérios de classificação de equipamentos. O objetivo desta pesquisa foi de encontrar alguma sugestão

de classificação de equipamentos médicos que possibilitasse a realização de uma proposta de um sistema de codificação fechado por grupo de equipamentos e que atendesse às características já citadas. Nenhum dos critérios encontrados satisfaz o objetivo pretendido, porém, o levantamento realizado cobre a grande maioria dos critérios de classificação de equipamentos médicos encontrados na literatura. Este resultado obtido nesta fase do trabalho é descrito pormenorizadamente abaixo.

O MINISTÉRIO DA SAÚDE (1994) conceitua equipamentos médico-hospitalares como um conjunto de aparelhos, máquinas e acessórios que compõem uma unidade assistencial, onde são desenvolvidas ações de diagnose e terapia, atividades de apoio, infraestrutura e gerais. Desta forma, o Ministério da Saúde, com o intuito de sistematizar o processo de planejamento, facilitando a execução para o planejador, classifica os equipamentos em quatro classes, de acordo com suas especialidades afins.

Desta maneira a classificação proposta adquirirá a seguinte estruturação:

- 1) Equipamentos Médico-Assistenciais
- 2) Equipamentos de Apoio
- 3) Equipamentos de Infra-estrutura
- 4) Equipamentos Gerais

Cada classe de equipamentos tem uma especialidade fim, de acordo com sua atividade dentro do Sistema Médico-Assistencial. Portanto, cada classe refere-se a uma série de atividades a serem executadas por esses equipamentos.

Equipamentos médico-assistenciais: são os utilizados nas ações de diagnose e terapia em ações de promoção da saúde dos pacientes. Dentro desta classificação encontram-se equipamentos nas seguintes áreas:

- Alergia/imunologia
- Anestesiologia
- Angiologia
- Anatomopatologia
- Cardiologia
- Cirurgia geral
- Cirurgia pediátrica
- Cirurgia Plástica
- Cirurgia torácica
- Clínica médica
- Clínica geral
- Dermatologia
- Endocrinologia
- Endoscopia
- Fisiatria/medicina esportiva
- Gastroenterologia
- Genética
- Geriatria
- Hematologia
- Hemoterapia
- Homeopatia
- Infectologia
- Medicina preventiva e social
- Medicina do trabalho
- Medicina nuclear
- Nefrologia
- Neurocirurgia
- Nutrologia
- Neonatologia
- Obstetrícia
- Oftalmologia
- Oncologia
- Ortopedia e traumatologia
- Otorrinolaringologia
- Pediatria
- Proctologia
- Psiquiatria
- Patologia clínica
- Reumatologia
- Radioterapia
- Radiologia/imagemologia
- Tisiopneumologia
- Terapia intensiva
- Urologia

Equipamentos de apoio : é um conjunto de máquinas e aparelhos que compõe uma unidade de processamento, com características de apoio à área assistencial.

- Serviço de nutrição e dietética
- Serviço de lactário
- Lavanderia
- Central de material e esterilização
- Serviço de manipulação da farmácia

Equipamentos de infra-estrutura : são sistemas destinados a dar suporte ao funcionamento adequado às unidades assistenciais e aos setores de apoio, tais como:

- Central de gases
- Central de ar comprimido
- Central de vácuo
- Central de ar condicionado
- Geradores e subestações
- Geradores de vapor
- Depósitos de água quente
- Transportes verticais e horizontais
- Incineradores
- Tratamento especial de esgoto
- Tratamento especial de lixo

Equipamentos gerais : é um conjunto de móveis e utensílios com características de usos geral, e não específico, da área hospitalar, tais como:

- Mobiliário
- Máquinas para escritório
- Sistema de processamento de dados
- Sistema de telefonia
- Sistema de prevenção contra incêndio

O livro do **CACERES** (1980), fornece uma classificação para os equipamentos médicos mais frequentes usados em hospitais (como indicado pelos especialistas em equipamentos hospitalares, questionados pela Associação Americana de Hospitais em 1972), mostrada a seguir:

Equipamentos de diagnóstico

- Eletrocardiógrafo
- Eletroencefalógrafo
- Unidades de raio-X
- Analisadores automáticos de sangue
- Equipamento de telemetria
- Eletromiógrafo
- Processadoras de raio-X
- Equipamento de hematologia
- Cromatógrafo de gás
- Osciloscópios
- Registradores

Equipamentos terapêuticos

- Desfibriladores/Cardioversores
- Equipamentos eletrocirúrgicos
- Máquinas de Hemodiálise
- Marca-passo
- Máquinas coração-pulmão
- Catéteres para o coração
- Ressuscitadores
- Ventiladores
- Nebulizadores
- Equipamento de terapia inalatória
- Equipamento de cauterização
- Equipamento de diatermia
- Equipamento de terapia física
- Equipamento Terapêutico nuclear

Equipamento de Laboratório

- Esterelizadores
- Centrí fugas
- Limpadores ultrassônicos
- Autoclaves
- Lavadores de vidro
- Desmineralizadores
- Equipamento de destilação

Equipamento de monitoração

- monitores de paciente
- monitores cardíacos
- monitores fetais

Outros equipamentos

- Equipamento de sala de operação
- Equipamento dentário
- Equipamento de chamada paciente-enfermeira
- Xerograma
- Equipamento audiovisual

A edição de (**Health Devices Sourcebook**), publicada pelo **ECRI**, classifica os dispositivos médicos por especialidades como mostrado a seguir:

- Anestesiologia (anestesímetros, aspiradores cirúrgicos, monitores de ph,...)
- Cardiologia (catéteres arteriais, desfibriladores, marca-passo,...)
- Cirurgia cardiotorácica (angioscópio, aspiradores torácicos, trasnd. de força,...)
- Engenharia clínica (acelerômetros, protetores de plug, voltímetros,...)
- Laboratório clínico (analísadores de álcool, fotômetros, separadores de células,...)
- Odontologia (aplicadores de resina, articuladores dentais, agulhas dentais,...)

- Medicina de emergência (monitores EEG, desfibriladores, cardioversores,...)
- Gastroenterologia (colonoscópios, dilatador retal, dilatadores esofágicos,...)
- Ginecologia (aplicador vaginal, dilatador uterino, pelviscópios,...)
- Infra-estrutura de saúde (incineradores, geradores de ar ionizado, etc.,...)
- Implantes (baterias de marca-passo cardíaco interno, bombas de infusão implant.,...)
- Unidade de cuidados intensivos (cânula venosa, eletrodos de ph,...)
- Medicina interna (unidades de hipotermia, sistema de hemoperfusão,...)
- Gerência de materiais (carregadores de baterias, catéteres umbilicais,...)
- Nefrologia (equipamento de imunofluorescência, nefroscópios,...)
- Neurologia (eletrooculógrafo, eletroretinógrafo, ventriculoscópios,...)
- Neurocirurgia (eletroencefalógrafo, ecoencefalógrafo, encefaloscópios,...)
- Serviços de enfermagem (catéter peritoneal, umidificador não aquecido,...)
- Obstetrícia (Amnioscópios, aspiradores uterinos, monitor fetal,...)
- Oftalmologia (tonômetros, eletroretinógrafo, retinoscópios,...)
- Ortopedia (unidade de diatermia, próteses, imobilizadores para braços,...)
- Otorrinolaringologia (aspirador nasal, audiômetro, cânula nasal,...)
- Patologia (dissecadores, unidades de iontoforese, sintetizadores de DNA/RNA,...)
- Pediatria (monitor de apnéia, nebulizadores aquecidos, monitor de oxigênio,...)
- Medicina física (estimuladores neuro-muscular, eletromiógrafos,...)
- Proctologia (catéter retal, retrator retal, colonoscópio,...)
- Medicina pulmonar (atomizadores, monitores de ECG,...)
- Radiologia (intensificadores de imagem, unidade de radioterapia,...)
- Cirurgia (aspirador cirúrgico, desfibriladores internos, filtros de ar,...)
- Urologia (catéter de irrigação, estimulador urinário, uretroscópio,...)

O **BRONZINO** (1992) transcreve do **ECRI** uma classificação em que os equipamentos são agrupados de acordo com o risco físico oferecido pelo equipamento. O risco físico considera quais as conseqüências possíveis a que expõem o paciente ou o operador se o equipamento falha ou funciona de modo inapropriado. Esses riscos são divididos em três

níveis e são baseados nos resultados de um erro no uso ou falha do dispositivo. Eles levam em conta a probabilidade da saída e a severidade da mesma.

Dispositivo de alto risco: são dispositivos de suporte à vida, dispositivos de ressuscitação e outros dispositivos cuja falha ou erro no uso pode afetar seriamente o paciente ou staff clínico.

Exemplos:

- Unidades de anestesia e vaporizadores
- Ventiladores para anestesia
- Monitores de apnéia para neonatal
- Aspiradores (traqueal e de emergência)
- Unidades de autotransfusão
- Desfibriladores
- Sistemas de diagnóstico por medicina nuclear e imagem radiológica
- Unidades eletrocirúrgicas
- Monitores fetais
- Unidades de by-pass coração-pulmão
- Unidades de hemodiálise
- Umidificadores aquecidos
- Unidades de hipo/hipertermia
- Incubadoras
- Bombas de infusão
- Lasers cirúrgicos
- Oxímetros
- Analisadores e monitores de oxigênio
- Marcapassos
- Sistemas de monitoração e monitores fisiológicos
- Ressuscitadores cardíacos
- Esterelizadores
- Reguladores de sucção traqueal
- Torniquetes pneumáticos
- Monitores de O₂ e CO₂

Dispositivos de médio risco: são aqueles cujo erro de uso, falha ou ausência (isto é fora de serviço e sem reposição disponível) teria significativo impacto no cuidado com o paciente mas não afetaria de modo sério. Muitos dispositivos de diagnóstico estão nesta categoria.

Exemplos :

- Registradores de ECG e Scanners ambulatoriais
- Aspiradores (cirúrgico, torácico e uterino)
- Refrigeradores de banco de sangue
- Analisadores de pH/gases sangüíneos
- Unidades de pressão sangüínea (unidades eletrônicas não invasivas usadas em aplicações de monitoração críticas)
- Centrífugas
- Equipamento de laboratório clínico (todos os tipos)
- Unidades criocirúrgicas
- Eletrocardiógrafos
- Unidades de terapia eletroconvulsiva
- Eletroencefalógrafos
- Eletromiógrafos
- Endoscópios
- Unidades de potenciais evocados
- Litotriptores
- Fonocardiógrafos
- Unidades de fototerapia
- Transdutores de pressão
- Analisadores de função pulmonar
- Monitores de temperatura
- Unidades de tração
- Sistemas de imagem por ultrassom
- Vetorcardiógrafos

Dispositivos de baixo risco: são aqueles dispositivos cuja falha ou erro no uso não resulta em sérias conseqüências.

- Aspiradores (baixo volume)
- Bombas de fluido circulante
- Unidades de diatermia (terapia física)
- Receptáculos duplex
- Camas elétricas
- Escalas eletrônicas
- Termômetros eletrônicos
- Luzes de exame
- Fontes de luz de fibra ótica
- Fontes isoladas
- Esfigmomanômetros
- Estimuladores (unidades de terapia física de baixa e alta tensão)
- Luzes cirúrgicas
- Microscópios cirúrgicos
- Mesas cirúrgicas
- Nebulizadores ultrassônicos
- Terapia ultra-sônica (terapia física)

Ainda no **BRONZINO** (1992) é fornecida uma outra divisão de equipamentos, desta vez por categorias funcionais. Apesar de ser uma divisão bastante semelhante à do CACERES (1972), a mesma foi transcrita a seguir para efeito de comparação.

- Terapêutico:

 - Suporte à vida

 - Cuidado intensivo e cirúrgico

 - Tratamento e terapia física

- Diagnóstico:

 - Monitoração de cuidado intensivo e diagnóstico

 - Diagnóstico e monitoração fisiológica adicional

- Analítico :

 - Laboratório analítico

 - Acessórios de laboratório

 - Computares e relacionados

- Miscelâneo:

 - Relacionados com o paciente e outros

O “**Food and Drug Administration**” (FDA) é um órgão do governo federal americano que inspeciona, aprova, revoga, e regulamenta o uso de tecnologia em saúde. No caso de aparelhagem médica, leis recentes fornecem ao FDA, a autoridade necessária para regulamentação durante o desenvolvimento, teste, produção, distribuição e uso do produto. Desta forma, o FDA classifica todos os equipamentos médicos em uma das três classes baseadas no nível de necessário para garantir segurança e efetividade do aparelho.

Estas três classes são:

Classe I - Controle Geral

Classe II - Controle Geral e Controles especiais

Classe III - Controle Geral, Controles especiais e Aprovação Mercadológica.

Classe I - Controle Geral

Aparelhos desta classe são submetidos a pelo menos controles regulatórios. Eles apresentam potencial mínimo para danos ao usuário e são geralmente de projetos mais simples do que os de Classe II ou III. Aparelhos de classe I são submetidos a “Controles Gerais” assim como os de classes II e III.

Alguns exemplos de equipamentos da classe I, são: bandagem elástica, luvas de exame, e equipamentos de apoio cirúrgico.

Classe II - Controle especial

Aparelhos da classe II são aqueles cujos controles gerais não são suficientes para garantir segurança e efetividade dos mesmos, e existem métodos capazes de prover tais seguranças. Além dos controles gerais os da Classe II são também submetidos aos controles especiais:

Controles especiais devem incluir requerimentos especiais de registro, índices de desempenho segundo normas e reconhecimento pós-comercialização.

Exemplos: bombas de infusão, cadeiras de rodas, drenos cirúrgicos.

Classe III - Aprovação no Mercado

A classe III é a mais exigente categoria regulamentada para aparelhos. Os aparelhos desta classe não apresentam informações suficientes para garantir segurança e efetividade.

São geralmente aqueles de suporte a vida, e são de primordial importância na prevenção de prejuízos da saúde humana, ou aqueles que apresentam um potencial para riscos razoáveis de morte.

Aprovação mercadológica é um processo de revisão científica para assegurar a segurança e efetividade dos da classe III

Exemplos dos equipamentos da classe III são: válvulas cardíacas, silicones implantáveis na mama, e estimuladores implantáveis cerebrais.

Além destas, encontram-se algumas feitas por Centros de Manutenção de Equipamentos Médicos, que geralmente classificam os equipamentos para organização funcional interna.

O Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP (CEB), trabalha com os equipamentos sob manutenção divididos nos seguintes grupos:

- Grupo de Diagnóstico (monitor cardíaco, EEG, bombas de infusão, bisturis eletrônicos...)
- Grupo de Imagem (raio-X, processadoras, ultra-som, ...)
- Grupo de mecânica (esfigmomanômetro, respiradores, refrigeradores, balanças ...)
- Grupo de Laboratório (microscópios, aparelhos laser, centrífugas,...)

Como dito no início do capítulo 1, realizou-se uma análise de todas essas classificações encontradas, e constatou-se que as mesmas não satisfizeram o objetivo pretendido do estudo.

1.4)- Estudo do princípio de funcionamento dos equipamentos

Como na literatura não foi encontrada uma classificação de equipamentos que pudesse fundamentar uma proposta para sistema de codificação dentro das características desejadas

(ver capítulo 1, Metodologia), realizou-se um estudo do princípio de funcionamento dos equipamentos.

Objetivando o conhecimento sobre o princípio básico de funcionamento dos equipamentos, foram realizadas consultas em manuais técnicos de cada tipo de equipamento, catálogos, entrevistas com técnicos em equipamentos biomédicos. Este estudo também foi estendido através da pesquisa nos seguintes livros sobre instrumentação biomédica: a) Webster (Medical Instrumentation, Application and Design), b) Bronzino, J.D. (Biomedical Engineering and Instrumentation), c) Geddes, L.A. (Principles of Applied Biomedical Instrumentation), d) Bronzino, J.D. (The Biomedical Engineering Handbook), e) Cobbold, Richard S.C. (Transducers for Biomedical Measurements: principles and applications), f) Sutphin, S.E. (Advanced Medical Instrumentation and Equipment), g) Demarre, Dean A. et al. (Applied Biomedical Electronics for Technicians), h) Feinberg, Barry N. (Applied Clinical Engineering), i) Brown, et al. (Biomedical Engineering), j) Carr, J.J. (Biomedical Equipment: use, maintenance and management) k) Cromwell, et al. (Biomedical Instrumentation and Measurements), l) Dally, et al. (Instrumentation for Engineering Measurements), m) Weiss, Marvin (Biomedical Instrumentation) e o ECRI (Emergency Care Research Institute) Health Product Comparison System – HPCS.

O estudo descrito acima tornou possível o conhecimento do princípio de funcionamento da grande maioria dos equipamentos médicos assim como os circuitos eletrônicos e mecânicos de que são compostos. Entretanto, devido ao grande número de tipos de equipamentos utilizados na área médica e tendo em vista o tempo disponível para a realização do trabalho de tese, não seria possível o desenvolvimento de códigos para todos eles. Desta maneira, para a continuidade deste trabalho e implementação da metodologia proposta selecionou-se um grupo de equipamentos, utilizando como critérios de seleção:

1) Equipamentos com princípios de funcionamento diferentes entre si, com o objetivo de se identificar o maior número de blocos funcionais também diferentes entre si.

2) Equipamentos de maior incidência na manutenção do CEB/UNICAMP, na tentativa de se identificar uma amostra representativa dos principais tipos de equipamentos encontrados em hospitais brasileiros e adequar este estudo à realidade nacional. Os equipamentos selecionados estão listados na tabela 1.

TABELA 1 – Equipamentos Selecionados

EQUIPAMENTOS SELECIONADOS
Banho Maria
Berço Aquecido
Bisturi eletrônico
Câmara de conservação
Carro anestesia
Centrífuga Refrigerada
Colposcópico
Eletrocardiógrafo
Endoscópico
Esfigmomanômetro
Estufa
Foco Cirúrgico
Fototerapia
Incubadora para recém-nascido
Lâmpada de fenda
Microscópico
Microscópico cirúrgico
Monitor Cardíaco
Monitor Multiparamétrico
Oxímetro de pulso
Respirador Eletrônico

Os equipamentos de imagem (raio-X, ultrassom, ressonância magnética, etc.) e os equipamentos de apoio e infra-estrutura (lavanderia, central de materiais, central de ar

comprimido, etc.) não foram selecionados para o estudo para não tornar o trabalho muito extenso. Porém o sistema proposto possibilita a inserção destes tipos de equipamentos pela combinação de blocos existentes ou pela simples inserção de novos blocos funcionais para equipamentos novos inseridos no sistema.

Na divisão dos equipamentos em diagramas de blocos funcionais, procurou-se seguir uma forma padronizada para esta divisão, com o intuito de se identificar blocos que pudessem ser representados por outros tipos de equipamentos. Porém notou-se que alguns blocos apesar de representarem uma mesma função apresentavam componentes diferentes. Por exemplo, o sistema de controle de temperatura da estufa é puramente analógico, enquanto que o controle de temperatura da incubadora é de comando digital.

Para solucionar o problema, tentou-se fechar um bloco padrão com seus principais componentes para representar tal função, independente da forma de processamento e/ou condicionamento.

Exemplificando-se: Bloco controle de temperatura contém os seguintes componentes: sensor de temperatura, aquecedor, componente eletrônico, e qualquer equipamento que realize controle de temperatura, este bloco servirá para representar esta função, independentemente da forma de processamento e/ou condicionamento.

Um outro problema encontrado foi que para um mesmo tipo de equipamento, existem marcas e modelos diferentes, implicando em algumas diferenças entre suas constituições funcionais internas. Desta forma, a divisão em diagramas de blocos realizada propõe uma representação genérica para cada tipo de equipamento expressa na tabela 2.

TABELA 2 – Representação dos Equipamentos e seus Blocos Funcionais

Equipamento	Blocos Funcionais
Banho maria	Fonte de alimentação Controle de temperatura

	<i>Gabinete-Display</i>
Berço aquecido	Fonte de alimentação Controle de Temperatura Estrutura Mecânica
Bisturi eletrônico	Fonte de alimentação Circuito Oscilador Bloco de Potência Bloco de Controle Sistema de Circulação de Ar Estrutura Mecânica
Câmara de conservação	Fonte de alimentação Sistema de Alarme Sistema de Circulação de Ar Controle de Temperatura Sistema de Refrigeração <i>Gabinete-Display</i>
Carro anestesia	Fonte de Alimentação Sistema de Alarme Sistema de Controle de Gases e Bloco de fluxômetros Circuito Paciente Estrutura Mecânica
Centrífuga refrigerada	Fonte de Alimentação Sistema de Alarme Processamento Digital Controle de Velocidade Controle de Temperatura Sistema de Refrigeração <i>Gabinete-Display</i>
Coloscópio	Fonte de Alimentação

	<p>Sistema de Iluminação</p> <p>Conjunto Óptico</p> <p>Estrutura Mecânica</p>
Eletrocardiógrafo	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Aquisição e processamento do sinal</p> <p>Sistema de Alarme</p> <p>Processamento Digital</p> <p>Controle de Temperatura</p> <p>Controle de Velocidade</p> <p>Registrador Gráfico</p> <p>Gabinete-<i>Display</i></p>
Endoscópio	<p>Sistema Mecânico</p> <p>Sistema Óptico</p>
Esfigmomanômetro	<p>Acessórios para Esfigmomanômetro</p> <p>Coluna de Mercúrio</p> <p>Estrutura Mecânica</p>
Estufa	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Controle de Temperatura</p> <p>Sistema de Circulação de Ar</p> <p>Gabinete-<i>Display</i></p>
Foco cirúrgico	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Sistema de Iluminação</p> <p>Estrutura Mecânica</p>
Fototerapia	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Sistema de Iluminação</p> <p>Sistema de Circulação de Ar</p> <p>Estrutura Mecânica</p>
Incubadora	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Sistema de Alarme</p> <p>Processamento Digital</p>

	<p>Controle de Temperatura</p> <p>Sistema de Circulação de Ar</p> <p>Controle de Umidade e Conc. de O₂</p> <p>Estrutura Mecânica</p>
Lâmpada de fenda	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Sistema de Iluminação</p> <p>Conjunto Óptico</p> <p>Acionamento eletro-hidráulico</p> <p>Estrutura Mecânica</p>
Microscópio	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Sistema de Iluminação</p> <p>Conjunto Óptico</p>
Microscópio cirúrgico	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Sistema de Iluminação</p> <p>Conjunto Óptico</p> <p>Controle de Posicionamento</p> <p>Estrutura Mecânica</p>
Monitor cardíaco	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Aquisição e processamento do sinal</p> <p>Sistema de Alarme</p> <p>Processamento Digital</p> <p>Gabinete-<i>Display</i></p>
Monitor multiparamétrico	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Aquisição e processamento do sinal</p> <p>Sistema de Alarme</p> <p>Processamento Digital</p> <p>Unidade de Vídeo</p> <p>Gabinete-<i>Display</i></p>
Oxímetro de pulso	<p>Fonte de Alimentação</p> <p>Aquisição e processamento do sinal</p>

	Sistema de Alarme Processamento Digital Gabinete- <i>Display</i>
Respirador eletrônico	Fonte de Alimentação Sistema de Alarme Processamento Digital Circuito Pneumático Circuito Paciente Gabinete- <i>Display</i>

Analisando a tabela 2 observou-se que muitos blocos funcionais aparecem representados em mais de um tipo de equipamento. Este resultado fundamentou a proposta de um sistema de codificação de defeitos com informações relacionadas entre si. Para melhor visualização e representação deste resultado construiu-se as tabelas 03 e 04.

TABELA 3- Blocos Funcionais representados por cada tipo de equipamento selecionado.

Bloco Funcional	Equipamento
Fonte de alimentação	Banho maria
	Berço aquecido
	Bisturi eletrônico
	Câmara de conservação
	Carro anestesia
	Centrífuga refrigerada
	Colposcópico
	Eletrocardiógrafo
	Estufa
	Foco cirúrgico
	Fototerapia
	Incubadora
	Lâmpada de fenda
	Microscópio
	Microscópio cirúrgico
	Monitor cardíaco

	Monitor multiparamétrico
	Oxímetro de pulso
	Respirador eletrônico
Aquisição e processamento do sinal	Eletrocardiógrafo
	Monitor cardíaco
	Monitor multiparamétrico
	Oxímetro de pulso
Sistema de alarme	Bisturi eletrônico
	Câmara de conservação
	Carro anestesia
	Centrífuga refrigerada
	Eletrocardiógrafo
	Incubadora
	Monitor cardíaco
	Monitor multiparamétrico
	Oxímetro de pulso
	Respirador eletrônico
Processamento digital	Centrífuga refrigerada
	Eletrocardiógrafo
	Incubadora
	Monitor cardíaco
	Monitor multiparamétrico
	Oxímetro de pulso
	Respirador eletrônico
Unidade de vídeo	Monitor multiparamétrico
Controle de velocidade	Centrífuga refrigerada
	Eletrocardiógrafo
Sistema de circulação de ar	Banho maria
	Câmara de conservação
	Fototerapia
	Incubadora
	Bisturi eletrônico
Circuito paciente	Carro anestesia
	Respirador eletrônico
Conjunto óptico	Colposcópico
	Lâmpada de fenda
	Microscópio
	Microscópio cirúrgico

Sistema de refrigeração	Câmara de conservação Centrífuga refrigerada
Registrador gráfico	Eletrocardiógrafo
Circuito pneumático	Respirador eletrônico
Controle de temperatura	Banho maria Berço aquecido Câmara de conservação Eletrocardiógrafo Estufa Incubadora
Gabinete – <i>display</i>	Banho maria Câmara de conservação Centrífuga refrigerada Eletrocardiógrafo Estufa Monitor cardíaco Monitor multiparamétrico Oxímetro de pulso Respirador eletrônico
Controle de posicionamento	Microscópio cirúrgico
Sistema de controle de gases e bloco de fluxômetros	Carro anestesia
Controle de umidade e concentração de O2	Incubadora
Estrutura mecânica	Berço Aquecido Carro anestesia Coloscópio Foco cirúrgico Fototerapia Incubadora Lâmpada de fenda Bisturi eletrônico Microscópio Microscópio cirúrgico
Acessórios para esfigmomanômetro	Esfigmomanômetro
Coluna de mercúrio	Esfigmomanômetro
Circuito oscilador	Bisturi eletrônico
Sistema de iluminação	Coloscópio Foco cirúrgico

	Fototerapia
	Incubadora
	Lâmpada de fenda
	Microscópio
	Microscópio cirúrgico
Bloco de controle	Bisturi eletrônico
Bloco de potência	Bisturi eletrônico
Sistema óptico	Endoscópio
Sistema mecânico	Endoscópio

TABELA 4- Blocos Funcionais e Número de Equipamentos Representados

Bloco Funcional	Número de Equipamentos
Fonte de alimentação	20
Aquisição e processamento do sinal	4
Sistema de alarme	10
Processamento digital	7
Unidade de vídeo	1
Controle de velocidade	2
Sistema de circulação de ar	5
Circuito paciente	2
Conjunto óptico	4
Sistema de refrigeração	2
Registrador gráfico	1
Circuito pneumático	1
Controle de temperatura	6
Gabinete – <i>display</i>	9
Controle de posicionamento	1
Acionamento eletro-hidráulico	1
Sistema de controle de gases e bloco de fluxômetro	1
Controle de umidade e concentração de O ₂	1
Estrutura mecânica	11
Conjunto hidráulico pneumático	1
Acessórios para esfigmomanômetro	1
Coluna de mercúrio	1
Circuito oscilador	1
Sistema de iluminação	8

Bloco de controle	1
Bloco de potência	1
Sistema óptico	1
Sistema mecânico	1

A tabela 3 ilustra o bloco funcional e em quais equipamentos está representado. Já a tabela 4 foi construída para se ter idéia de quantos equipamentos pode-se encontrar um determinado tipo de bloco.

Depois de realizada a divisão dos equipamentos em diagrama de blocos e seguindo-se a seqüência dos campos de codificação do sistema que foi proposto, partiu-se para a identificação das causas de defeitos que ocorrem em cada bloco e também dos principais serviços executados. Para o campo causas, utilizou-se a tabela de possíveis causas de defeitos em equipamentos médicos levantadas por técnicos e engenheiros do CEB/UNICAMP (ver apêndice I). Desta forma, foram atribuídas as seguintes causas para os blocos funcionais descritas na tabela 5 abaixo. Esta atribuição de possíveis causas de defeitos ligadas aos blocos funcionais foi feita com o auxílio dos técnicos e engenheiros do CEB e também consultando Ordens de Serviços já registradas no sistema de gerenciamento de manutenção informatizado do CEB. Foram consultadas cerca de 200 Ordens de Serviço para cada tipo de equipamento.

TABELA 5 – Blocos Funcionais e as Possíveis Causas de Defeitos

Blocos Funcionais	Possíveis Causas
Fonte de alimentação	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Falha de componente
	Mau contato
	Instalação em condições inadequadas
	Curto-circuito
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Descalibrado
	Quebra
	Queima
	Ruído anormal
	Sem isolamento
	Sujeira
Solto	
Aquisição e processamento do sinal	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Falha de componente

	Mau contato
	Curto-circuito
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Sistema de alarme	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Falha de componente
	Mau contato
	Instalação em condições inadequadas
	Curto-circuito
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Descalibrado
	Obstrução
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Processamento digital	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Falha de componente
	Mau contato
	Instalação em condições inadequadas
	Curto-circuito
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Quebra
	Queima
Unidade de vídeo	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Mau contato
	Curto-circuito
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Descalibrado
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Controle de velocidade	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Falha de componente
	Mau contato
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Descalibrado
	Emperrado
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Sistema de circulação de ar	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Falha de componente
	Mau contato
	Instalação em condições inadequadas

	Curto-circuito
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Quebra
	Queima
	Sem isolamento
	Sujeira
	Solto
Circuito paciente	Vazamento
	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Amassado
	Descalibrado
	Emperrado
	Espanado
	Infiltração
	Falta água/ar/gás/óleo/etc.
	Furado
	Nível baixo
	Quebra
	Sujeira
	Solto
Conjunto óptico	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Falha de componente
	Descalibrado
	Quebra
	Sujeira
	Solto
Sistema de refrigeração	Vazamento
	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Amassado
	Curto-circuito
	Defeito intermitente
	Descalibrado
	Infiltração
	Falta água/ar/gás/óleo/etc.
	Nível baixo
	Obstrução
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Registrador gráfico	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Descalibrado
	Emperrado
	Quebra
	Sujeira
	Solto
Circuito pneumático	Vazamento
	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Descalibrado
	Emperrado
	Espanado
	Infiltração
	Falta água/ar/gás/óleo/etc.
	Obstrução

	Quebra
	Sujeira
	Solto
Controle de temperatura	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Falha de componente
	Mau contato
	Curto-circuito
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Descalibrado
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Gabinete – <i>display</i>	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Amassado
	Emperrado
	Empenado
	Espanado
	Furado
	Quebra
	Rachadura
	Sujeira
	Solto
Controle de posicionamento	Difícil identificação da possível causa
	Erro de operação
	Mau contato
	Curto-circuito
	Corrosão
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Acionamento eletro-hidráulico	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Mau contato
	Corrosão
	Defeito intermitente
	Infiltração
	Falta água/ar/gás/óleo/etc.
	Obstrução
	Quebra
	Solto
	Vazamento
Sistema de controle de gases e bloco De fluxômetros	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Descalibrado
	Emperrado
	Infiltração
	Falta água/ar/gás/óleo/etc.
	Obstrução
	Quebra
	Sujeira
	Solto
	Vazamento
Controle de umidade e concentração	Difícil identificação da possível causa

De O2	Desgaste da peça Erro de operação Infiltração Falta água/ar/gás/óleo/etc. Quebra Sujeira Solto Vazamento Descalibrado
Estrutura mecânica	Difícil identificação da possível causa Desgaste da peça Equipamento derrubado Amassado Quebra Sujeira Solto
Coniunto hidráulico pneumático	Difícil identificação da possível causa Desgaste da peça Erro de operação Amassado Descalibrado Emperrado Espanado Infiltração Falta água/ar/gás/óleo/etc. Quebra Sujeira Solto Vazamento
Acessórios para esfigmomanômetro	Difícil identificação da possível causa Desgaste da peça Erro de operação Rachadura Quebra Sujeira
Coluna de mercúrio	Difícil identificação da possível causa Desgaste da peça Infiltração Rachadura Sujeira Vazamento
Circuito oscilador	Difícil identificação da possível causa Desgaste da peça Falha de componente Mau contato Curto-circuito Corrosão Quebra Queima Sem isolamento Solto
Sistema de iluminação	Difícil identificação da possível causa Desgaste da peça Mau contato Curto-circuito Defeito intermitente Não acende Quebra Queima Sujeira Solto
Bloco de controle	Difícil identificação da possível causa Desgaste da peça

	Erro de operação
	Mau contato
	Curto-circuito
	Corrosão
	Emperrado
	Quebra
	Queima
	Sujeira
	Solto
Bloco de potência	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Mau contato
	Choque
	Curto-circuito
	Corrosão
	Descalibrado
	Quebra
	Queima
Sistema óptico	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Quebra
	Sujeira
	Solto
Sistema mecânico	Difícil identificação da possível causa
	Desgaste da peça
	Erro de operação
	Emperrado
	Espanado
	Infiltração
	Obstrução
	Quebra
	Sujeira
	Solto
	Vazamento

Para identificar os principais serviços executados em cada bloco, foram analisadas também cerca de 200 Ordens de Serviço (levantadas no banco de dados do CEB/UNICAMP), para cada tipo de equipamento selecionado para o estudo e, além desta análise, também foram consultados técnicos em equipamentos biomédicos. Desta forma foram atribuídos os principais serviços executados para cada bloco, descritos na tabela 6:

TABELA 6- Blocos Funcionais e Principais Serviços Executados.

Bloco Funcional	Serviço Executado
fonte de alimentação	Troca transformador
	Troca fusível
	Troca bateria
	Troca componente eletrônico
	Troca cabo de força
	Troca plug
	Teste transformador
	Soldagem do cabo
	Soldagem do plug
	Teste do cabo de força
	Ajuste de componente eletrônico

	Calibração do transformador
	Desmontagem do transformador
	Reparo fiação
Aquisição e processamento do sinal	Retirada mau-contato
	Troca do sensor
	Limpeza do sensor
	Troca cabo paciente
	Teste cabo paciente
	Aiuste de componente eletrônico
	Troca componente eletrônico
	Aiuste cabo paciente
	Soldagem cabo-paciente
	Limpeza de contatos
	Reparo fiação
Sistema de alarme	Aiuste de componente eletrônico
	Troca componente eletrônico
	Troca alto-falante
	Aiuste alto-falante
	Limpeza de contatos
	Reparo fiação
Processamento digital	Troca microprocessador
	Troca memória
	Troca conversor A/D
	Troca componente eletrônico
	Aiuste de componente eletrônico
	Limpeza de contatos
Unidade de vídeo	Reparo tubo raios catódicos
	Aiuste de componente eletrônico
	Limpeza de contatos
	Troca componente eletrônico
	Aiuste Yoke
	Calibração fly-back
	Retirada mau-contato
	Reparo fiação
Controle de velocidade	Troca tubo de raios catódicos
	Troca motor
	Aiuste motor
	Limpeza motor
	Lubrificação motor
	Troca componente eletrônico
	Aiuste de componente eletrônico
	Limpeza de contatos
sistema de circulação de ar	Reparo fiação
	Reparo fiação
	Troca motor
	Aiuste motor
	Troca ventoinha
	Limpeza ventoinha
	Soldagem fiação
	Lubrificação ventoinha
	Retirada mau-contato
	Limpeza de contatos
circuito paciente	Troca balão
	Troca traquéia
	Troca máscara
	Troca depósito de cal-sodada
	Troca conector
	Aiuste conector
	Troca válvula
	Aiuste válvula
	Retirada vazamento
conjunto óptico	Calibração do transformador
	Troca lente

	Limpeza lente
	Ajuste prisma
	Troca espelho
	Ajuste espelho
	Troca diafragma
	Ajuste do foco
sistema de refrigeração	Troca compressor
	Reparo compressor
	Reposição fluido refrigerante
	Troca condensador
	Troca evaporador
	Troca pressostato
	Ajuste pressostato
	Troca válvula solenóide
	Ajuste válvula solenóide
	Retirada vazamento
registrador gráfico	Ajuste galvanômetro
	Troca galvanômetro
	Troca estilete
	Ajuste estilete
	Destramento galvanômetro
circuito pneumático	Destramento galvanômetro
	Troca blender/misturador
	Ajuste blender/misturador
	Troca válvula segurança
	Troca válvula reguladora
	Troca válvula proporcional
	Troca transdutor de pressão
	Troca filtro
	Limpeza filtro
	Ajuste válvula segurança
	Ajuste válvula reguladora
	Ajuste válvula proporcional
	Ajuste transdutor de pressão
	Retirada vazamento
controle de temperatura	Troca sensor de temperatura
	Ajuste sensor de temperatura
	Troca aquecedor
	Troca componente eletrônico
	Ajuste de componente eletrônico
gabinete – <i>display</i>	Limpeza de contatos
	Troca gabinete
	Limpeza gabinete
	Troca chave
	Ajuste chave
	Troca botão
	Ajuste botão
	Troca tecla
	Ajuste tecla
	Troca <i>display</i>
	Reparo <i>display</i>
controle de posicionamento	Troca pedal
	Ajuste pedal
	Troca fiação
	Troca motor
	Ajuste motor
	Reparo fiação
acionamento eletro-hidráulico	Troca pedal
	Ajuste pedal
	Reparo bomba de óleo
	Reparo fiação
	Ajuste válvula solenóide
	Reparo reservatório de óleo

	Troca pistão
	Aiuste pistão
sistema de controle de gases e bloco de fluxômetro	Troca válvula reguladora
	Aiuste válvula reguladora
	Reparo célula pneumática
	Troca agulha
	Troca coluna de vidro
	Reparo fluxômetro
	Reparo manômetro
	Retirada mau-contato
	Limpeza da agulha
	Troca do vaporizador
	Reparo vaporizador
	Lubrificação válvula
controle de umidade e concentração de O2	Troca filtro
	Limpeza filtro
	Troca válvula
	Aiuste válvula
	Troca reservatório de água
estrutura mecânica	Retirada vazamento
	Troca rodízio
	Lubrificação rodízio
conjunto hidráulico pneumático	Troca parafuso
	Troca mangueira de ar
	Troca mangueira de água
	Aiuste válvula redutora
	Lubrificação do piloto
	Reparo caneta
acessórios para esfigmomanômetro	Retirada vazamento
	Troca pera
	Troca manguito
	Troca bracedeira
	Troca mangueira
coluna de mercúrio	Troca régua graduada
	Troca régua graduada
	Limpeza régua graduada
	Troca mercúrio
	Limpeza tubo de vidro
	Retirada vazamento
circuito oscilador	Filtragem mercúrio
	Reparo transformador
	Troca transformador
	Aiuste de componente eletrônico
	Troca componente eletrônico
	Reparo bobina
sistema de iluminação	Limpeza de contatos
	Calibração da bobina
	Troca lâmpada
	Troca soquete
	Troca fiação
	Troca filtro de luz
	Limpeza filtro de luz
bloco de controle	Retirada mau-contato
	Troca pedal
	Aiuste pedal
	Reparo fiação
	Troca componente eletrônico
bloco de potência	Aiuste de componente eletrônico
	Limpeza de contatos
	Troca pinça
	Troca eletrodo
	Reparo eletrodo
	Troca caneta

	Reparo caneta
	Troca componente eletrônico
	Ajuste de componente eletrônico
	Troca dissipador
	Limpeza de contatos
sistema óptico	Troca lente
	Limpeza da lente
	Troca fibra óptica
	Ajuste fibra óptica
	Troca ponta distal
sistema mecânico	Troca catéter
	Desobstrução catéter
	Troca válvula
	Reparo válvula
	Ajuste parafuso
	Reparo comando
	Retirada vazamento
	Desobstrução canal de ar

Nesta fase do trabalho não foram atribuídos códigos aos eventos das tabelas acima, pois como já dito, a metodologia foi desenvolvida para poder ser implementada em sistema computacional. O sistema computacional elaborado (veja item 1.5), cria automaticamente códigos numéricos para as informações de defeitos relacionadas aos equipamentos estudados.

1.5) Criação de uma Interface Gráfica para o Sistema Proposto

Depois de proposto o sistema e montada as tabelas com as informações sobre os defeitos dos equipamentos, partiu-se para a construção de um *software* denominado SCODEM - Sistema de Codificação de Defeitos em Equipamentos Médicos. Este programa foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- permitir consulta rápida dos itens que preenchem os campos do código proposto (visualização na tela do computador)
- permitir inserção de outros tipos de equipamentos no sistema de codificação pela combinação dos blocos já existentes
- criação e registro de novos blocos funcionais de equipamentos
- criação e registro de novos dados de serviços executados e possíveis causas de defeitos em equipamentos médicos
- armazenamento de dados das consultas realizadas

1.5.1 – *Software* de Desenvolvimento

O SCODEM foi desenvolvido para trabalhar no ambiente operacional MS WINDOWS (Microsoft Co.), na versão Microsoft Windows 95. O Windows foi escolhido por tratar-se do ambiente operacional mais utilizado no Brasil e no mundo.

Para a programação optou-se por utilizar linguagem Visual para Windows, com o objetivo de criar uma interface intuitiva e fácil de ser utilizada. Na FEEC (Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação) foram encontradas algumas ferramentas como: Visual Basic, Visual Objects e o Delphi, entre outras. Optou-se pelo Visual Basic versão 4.0 por já se ter conhecimento prévio da utilização deste sistema. Para as instruções sobre a linguagem de programação em Visual Basic foram utilizados os livros: Gurewich, N. & Gurewich, O .R. (1993) e Michel, Halvarson (1996).

Além do Visual Basic utilizado para a criação da interface gráfica, foi necessário o desenvolvimento de um banco de dados contendo todas as tabelas desenvolvidas (bloco funcional, possíveis causas, serviço executado) assim como seus relacionamentos. O desenvolvimento deste banco de dados foi necessário pois o SCODEM é um programa que basicamente permite a manipulação completa destas tabelas, ou seja, permite sua visualização, inserção de dados, combinação de dados e outros.

Para o desenvolvimento deste banco de dados foi utilizado o ACCESS 97. O ACCESS é um SGBDR (Sistema de Gerência de Banco de Dados Relacional e Interativo para o Microsoft Windows). Da maneira que o programa foi desenvolvido, não é necessário que o usuário possua o ACCESS instalado no seu computador, pois o aplicativo final (SCODEM) “carrega” este banco de dados e permite sua manipulação. A configuração mínima para executar o SCODEM é: microprocessador 486 DX2-66MHz, 8Mbyte de RAM, 150 Kbytes livres no Disco Rígido e monitor colorido (VGA). O computador também deve possuir o ambiente Windows instalado em seu disco rígido.

Desta forma, podemos dividir o desenvolvimento do SCODEM em duas partes:

- I - desenvolvimento do banco dados,
- II – criação da interface gráfica.

Na parte I é explicado brevemente como funciona o ACCESS e os recursos deste programa que foram utilizados para o desenvolvimento do banco de dados.

Na parte II é descrito como funcionam os programas desenvolvidos em Visual Basic (V.B.) e quais as etapas necessárias para se construir um aplicativo em V.B.. É feita também uma descrição dos objetos do V.B. que foram utilizados para desenvolver o SCODEM. No final do capítulo (item 1.5.4) é realizada a descrição de funcionamento do programa.

1.5.2) Parte I – Desenvolvimento do Banco de Dados

Para o desenvolvimento do banco de dados, como já citado acima, foi utilizado o ACCESS que é um sistema de Gerência de Banco de Dados Relacional Interativo (SGBDR) para o Microsoft Windows. Sua utilização é relativamente simples, não sendo necessário programar para criar um banco de dados. Um Banco de Dados pode ser definido como um recurso para a manipulação eficiente de um grande conjunto de informações estruturadas e armazenadas de forma organizada e integrada. O ACCESS não gera arquivos executáveis de seus banco de dados e por isso, para se utilizar um banco de dados é necessário que o aplicativo Microsoft ACCESS esteja instalado no computador. Para se desenvolver uma aplicação utilizando o ACCESS, basta selecionar e manipular alguns objetos (unidades que podem ser selecionadas e manipuladas). No ACCESS existem alguns objetos que podem ser criados e utilizados, tais como: tabelas, formulários, relatórios, macros e módulos. Outros recursos que também são considerados objetos são: figuras, gráficos, caixas de diálogo, etc.

A tabela 7 abaixo resume a descrição dos principais objetos utilizados para o desenvolvimento deste banco de dados.

Tabela 07 – Descrição dos objetos utilizados para o desenvolvimento do banco de dados

Nome do objeto	Descrição
Tabela	Uma tabela é um objeto do ACCESS que armazena dados em linhas e colunas. Nas colunas define-se os campos das tabelas e nas linhas encontram-se os registros.
Consulta	É um objeto que permite ao usuário fazer perguntas ao ACCESS sobre determinados dados armazenados em suas tabelas, ou seja, permite a seleção para visualização.
Relacionamento	O relacionamento entre tabelas é usado para melhorar a recuperação e armazenamento das informações. Relacionar dados de uma tabela significa combinar as informações sobre um determinado tópico ou assunto.

Neste caso específico foram utilizados somente os recursos: tabelas, consultas e relacionamentos. A figura 01 abaixo permite a visualização das tabelas criadas assim como seus relacionamentos.

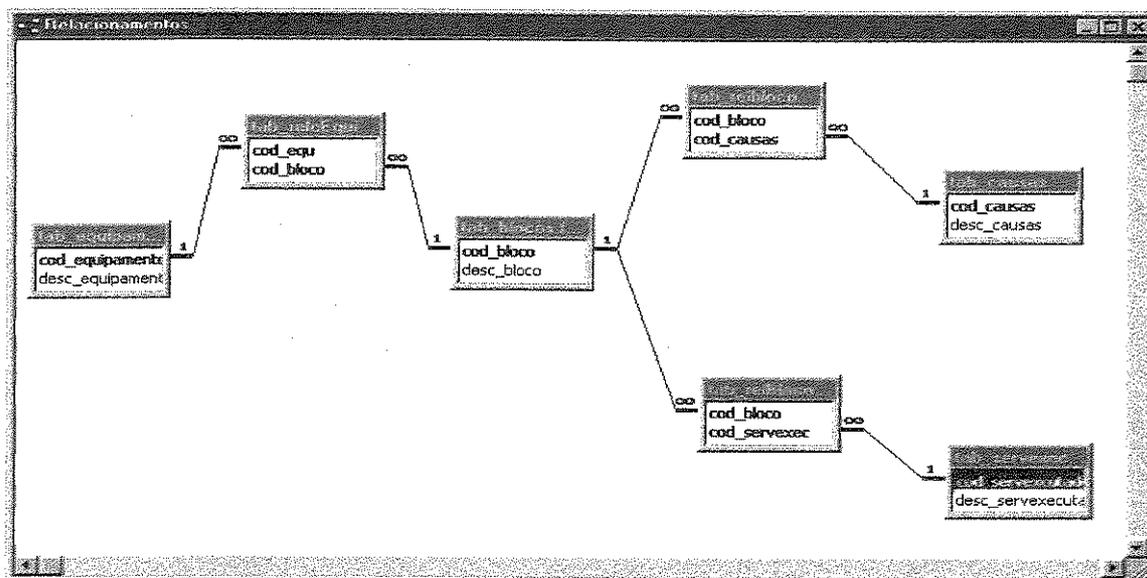


Figura 01 – Visualização de tabelas e seus relacionamentos para o banco de dados desenvolvido

Foram criadas 04 tabelas principais: 01 – Tabela Equipamentos, 02- Tabela Blocos Funcionais, 03 – Tabela Possíveis Causas, 04 – Tabela Serviços Executados. A estrutura desenvolvida é a mesma para todas as tabelas. São compostas por dois campos: 01 com o código numérico e 02 com a descrição do respectivo código. Nestas tabelas principais estão contidos todos os códigos com as respectivas descrições para equipamentos, blocos funcionais, possíveis causas e serviços executados.

Além destas tabelas citadas, foi criada também

O relacionamento das informações de defeitos dos equipamentos citado na metodologia (parte onde é apresentado e explicado a forma de utilização do sistema proposto), foi desenvolvido na forma digital nesta etapa do trabalho com a criação das tabelas secundárias mostradas na figura 1. Estas tabelas secundárias citadas são criadas para executar o relacionamento das tabelas principais.

Estas tabelas (01-tab_RelcEquipBlocos; 02-tab_RelBlocosCausas; 03-tab_RelBlocosServiços) possuem uma estrutura diferente das tabelas principais, ou seja, possuem somente dois campos de códigos numéricos. A primeira tabela (01-tab_RelcEquipBlocos), que relaciona equipamentos com seus respectivos blocos funcionais, possui para cada código de equipamento (inserido dentro do campo cod_equip) uma “ligação” com o conjunto de códigos de blocos funcionais que compõe este equipamento (inseridos no campo cod_bloco).

Desta mesma forma, foram criadas as tabelas que relacionam blocos funcionais com suas respectivas possíveis causas de defeitos (tab_RelBlocosCausas) , e que relacionam blocos funcionais com seus respectivos serviços executados (tab_RelBlocosServiços).

1.5.3) Parte II – Desenvolvimento da Interface Gráfica

Depois de desenvolvido e estruturado o banco de dados foi realizado o desenvolvimento da interface gráfica utilizando o V.B. Esta parte do capítulo descreve como se desenvolve um aplicativo em Visual Basic, define alguns conceitos utilizados e resume alguma coisa do programa em específico.

Os programas em Visual Basic são orientados por eventos, um conceito fundamental nos aplicativos Windows. Todo o código executável está ou em subprogramas ou em funções. Estes subprogramas ou funções, são acionados pelos eventos (como um *click* no *mouse*, a ativação de um botão de comando ou a rolagem de uma barra de rolagem) ou são chamados por outras rotinas que de alguma forma foram ativadas por algum evento. Assim, um programa orientado a eventos deve responder a eles à medida que os mesmos ocorrem.

A construção de um programa utilizando o V.B. envolve geralmente três etapas:

1. Criar uma interface, ou seja, dispor os objetos de forma amigável na tela.
2. Ajustar as propriedades dos objetos, como: nome, tamanho, fonte, etc.
3. Escrever o código necessário incluindo: definir constantes, declarar variáveis, criar procedimentos e funções.

Desta forma, depois de desenvolvidas as etapas acima, para se utilizar um aplicativo desenvolvido em V.B. são necessários executar os eventos (*click* no *mouse*, ativação de um botão de comando, um movimento do *mouse*, etc.).

Dentre os principais objetos do V.B. (unidades que podem ser selecionadas e manipuladas) podemos citar: caixa de texto, formulários, botão de comando, barra de rolagem, temporizadores, etc. Os formulários são objetos especiais. Nos formulários são definidas as telas do programa e também inseridos outros objetos que farão parte do programa.. Para o desenvolvimento do SCODEM, foram utilizados somente alguns objetos. A tabela 08 descreve os elementos principais (formulários e seus objetos) utilizados para desenvolver o SCODEM.

Tabela 08 – Principais Formulários e objetos do SCODEM.

Formulário	Objeto	Descrição
Frmcodificação	<ul style="list-style-type: none"> • Data Control • ComboBox • TextBox • Command Button 	É o formulário principal do programa e apresenta a tela inicial.
Frminserir Equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Data Control • ListBox • Dblist • TextBox • Command Button 	É o formulário que permite a inserção de outro equipamento dentro do banco de dados combinando-se os blocos funcionais já existentes.
Frminserir blocos	<ul style="list-style-type: none"> • TextBox • ListBox • Data_control • Command Button 	É o formulário que permite a inserção de um novo bloco funcional que não há na tabela de blocos funcionais já existentes
Frmcadastrar_novosdados	<ul style="list-style-type: none"> • Data Control • ListBox • Command Button 	Depois de criado um novo bloco funcional utilizando o formulário acima, este, permite ao usuário caso necessário inserção de novos registros de serviços executados e possíveis causas.
Frmvisualizar_dados	<ul style="list-style-type: none"> • Data Control • ListBox • TextBox • Command Button 	Permite ao usuário visualizar todos os dados contidos no banco de dados

Como já foi dito, o SCODEM é um programa que basicamente permite a manipulação completa das tabelas do banco de dados desenvolvido, ou seja, permite sua visualização, inserção de dados, combinação de dados, etc. Devido a este fato é que o principal objeto do SCODEM é o Data Control. O Data Control (utilizado em todos os formulários do SCODEM) permite a ligação de um formulário com um banco de dados. É através deste objeto que se torna possível a manipulação (edição, adição, exclusão) dos registros do banco de dados que é acessado pelo Data Control. A tabela 09 é um resumo das descrições de funcionamento dos objetos utilizados no SCODEM.

Tabela 09 – Descrição dos principais objetos utilizados no SCODEM

Nome do Objeto	Descrição
TextBox	É um campo onde o usuário pode digitar suas informações
ListBox	Mostra uma lista de itens que podem ser selecionados pelo usuário.
Command Button	Executa uma série de ações escritas em código de programa. São acionados por um evento, por exemplo: um <i>click</i> ou barra de espaço.
ComboBox	Um objeto combobox é uma combinação das características do textbox e do listbox. Os usuários podem entrar com informações na textbox ou selecionar um item a partir da listbox
Dblast	Exibe um campo completo do banco de dados acessado pelo Data Control.
Data Control	O data control permite a ligação de um formulário com um banco de dados.

1.5.4) Descrição do programa

Para o melhor entendimento de como foi desenvolvido e de como interagem seus formulários e objetos segue a descrição detalhada do funcionamento do programa.

A figura mostra a tela inicial do SCODEM.

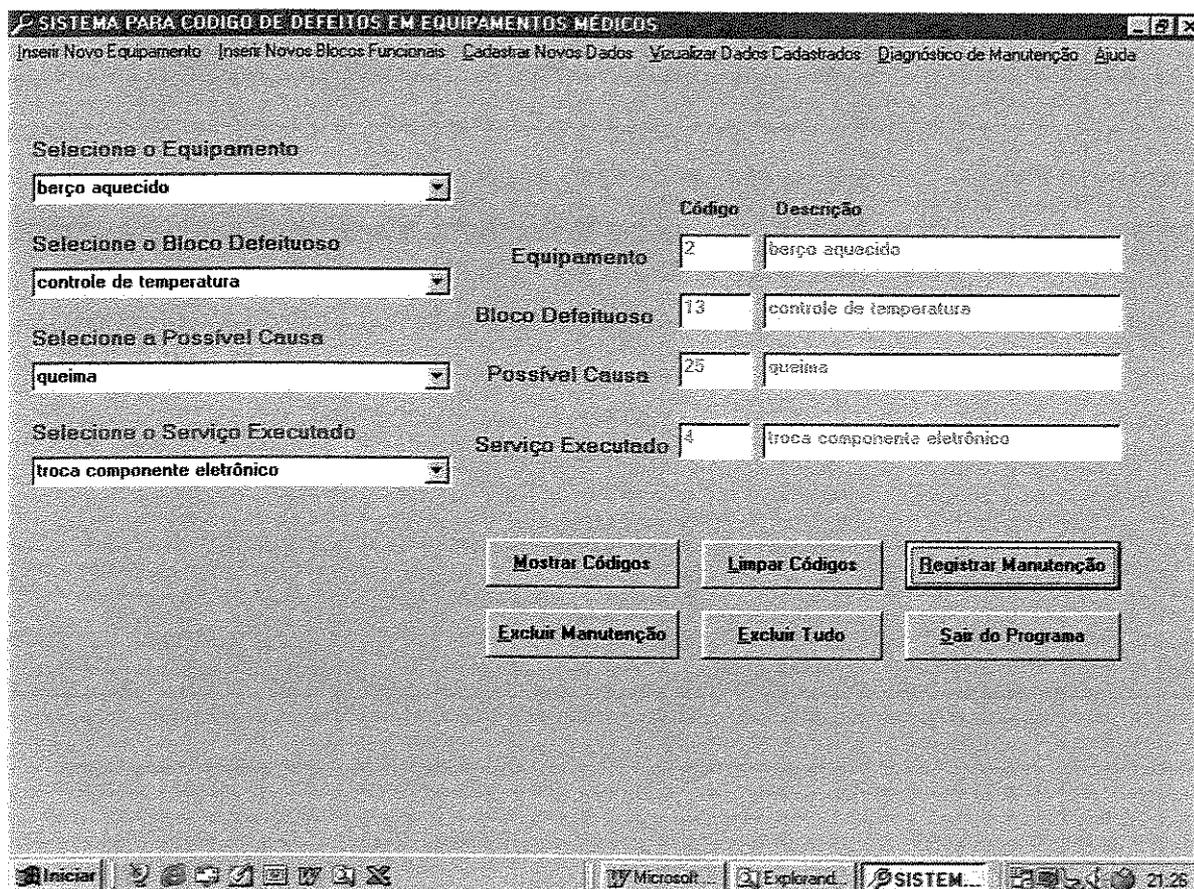


Figura 02 – Tela inicial do SCODEM

Nesta tela (tela principal do programa) deve-se selecionar o equipamento que sofreu intervenção de manutenção e para o qual vai ser realizada a codificação de defeitos. Depois de selecionado o equipamento (clcando na seta para baixo da listbox – SELECIONE O EQUIPAMENTO - que mostra os equipamentos) seleciona-se o bloco defeituoso – SELECIONE O BLOCO DEFEITUOSO - dentro da lista de blocos funcionais do

equipamento e conseqüentemente a possível causa – SELECIONE A POSSÍVEL CAUSA – e posteriormente SELECIONE O SERVIÇO EXECUTADO. A listagem dos equipamentos aparece em ordem alfabética para facilitar a escolha. Depois de realizada a seleção e acionando-se o botão de comando **mostrar códigos**, surgem nas caixas de texto, do lado direito da tela, o **código** com a respectiva **descrição** de cada uma das seleções feitas no processo executado anteriormente. Caso o usuário concorde que a seleção das informações feita por ele esteja correta é acionado o botão **registrar manutenção** e os dados selecionados são guardados em uma tabela (tabela registro de manutenção). Subseqüentemente a tela é limpa para possibilitar o registro de outro processo de codificação de um outro equipamento. Mesmo efetuando o registro da manutenção é possível apagar do banco de dados o último registro feito acionando-se o botão **excluir manutenção**. Para limpar totalmente a tela antes de se efetuar o registro da manutenção é utilizado o botão **limpar códigos**. O botão **excluir tudo** serve para apagar todos os registros de manutenção que foram efetuados. Toda vez que o usuário clicar neste botão surgirá uma mensagem na tela para confirmação desta ação. Este recurso foi utilizado para evitar que por algum engano seja apagado todos os dados registrados de manutenção para os equipamentos. Este mesmo tipo de mensagem também surge quando o usuário clicar no botão **sair do programa**.

O SCODEM também foi desenvolvido de forma a impedir o não preenchimento de alguma caixa de texto ou outro campo da tela. Em caso de não preenchimento de uma das caixas o programa não permite sua progressão e uma mensagem avisando que os campos não foram preenchidos corretamente é mostrada na tela.

Nesta fase do trabalho pode-se visualizar melhor o que foi explicado na metodologia sobre a forma de utilização do sistema proposto, ou seja, nas caixas de texto, em ordem seqüencial, são apresentados somente os itens que estão relacionado ao evento selecionado (exemplo: após selecionado o equipamento a caixa de texto bloco funcional apresenta somente os blocos funcionais do equipamento selecionado anteriormente e assim sucessivamente).

Para montar um novo equipamento, ou seja, inserir um novo equipamento que ainda não existe no banco de dados foi desenvolvido a tela abaixo (figura 03). Depois de digitar o

nome do novo equipamento na caixa de texto (**Digite o Nome do Novo Equipamento**) que aparece no início da tela é feita a seleção dos blocos funcionais do equipamento na dblist (**Selecione os Blocos Funcionais do Equipamento**) do lado esquerdo da tela. Seleciona-se os blocos funcionais do equipamento (um por vez) com o *mouse* e acionando-se o botão **Adicionar** surge na dblist do lado direito da tela os blocos selecionados (também um por vez). Caso o usuário deseje excluir algum bloco funcional que foi selecionado erradamente, é necessário selecionar este bloco com o *mouse* na dblist do lado direito e acionar o botão **Excluir**. O botão **Excluir Tudo** apaga todos os blocos funcionais selecionados que estão na dblist do lado direito. Depois de selecionado todos os blocos funcionais do novo equipamento, é necessário o acionamento do botão **OK**. Acionando-se este botão, surge na parte inferior da tela o **Nome do Novo Equipamento** com seus **Blocos Funcionais**. Com o acionamento do botão **Confirma** estes novos dados são registrados no banco de dados e toda a tela é limpa para se realizar um novo procedimento. O botão **Desfazer** limpa totalmente a tela e não executa registro de dados no banco de dados. Para voltar para a tela inicial basta acionar o botão **Voltar**.

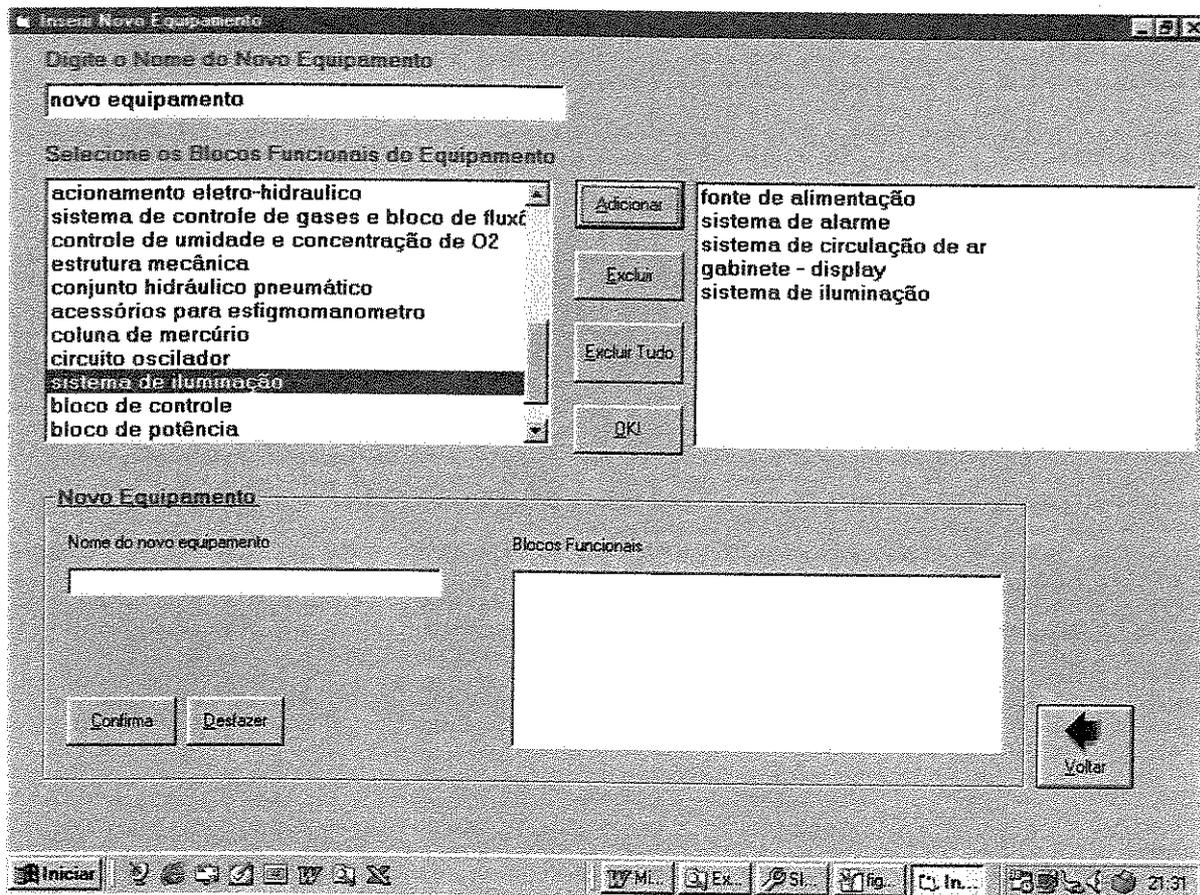


Figura 03 – Tela para inserir novos equipamentos

Se durante a inserção de um novo equipamento não houver um bloco funcional dentro da lista de blocos já existentes é possível criar um novo bloco funcional com suas possíveis causas e serviços executados. A figura 04 abaixo mostra a tela que permite esta operação. Os botões **Adicionar**, **Excluir**, **Excluir Tudo**, **OK**, **Confirma**, **Desfazer** e **Voltar**, funcionam da mesma forma que foi descrita no caso acima para montagem de um novo equipamento, ou seja, depois de inserido o nome do novo bloco funcional na textbox (**Digite o Nome do Novo Bloco Funcional**) no início da tela seleciona-se as possíveis causas e serviços executados do bloco e utiliza-se o botão **Confirma** para registrar o novo bloco ou o botão **Desfazer** para limpar completamente a tela e permitir nova seleção.

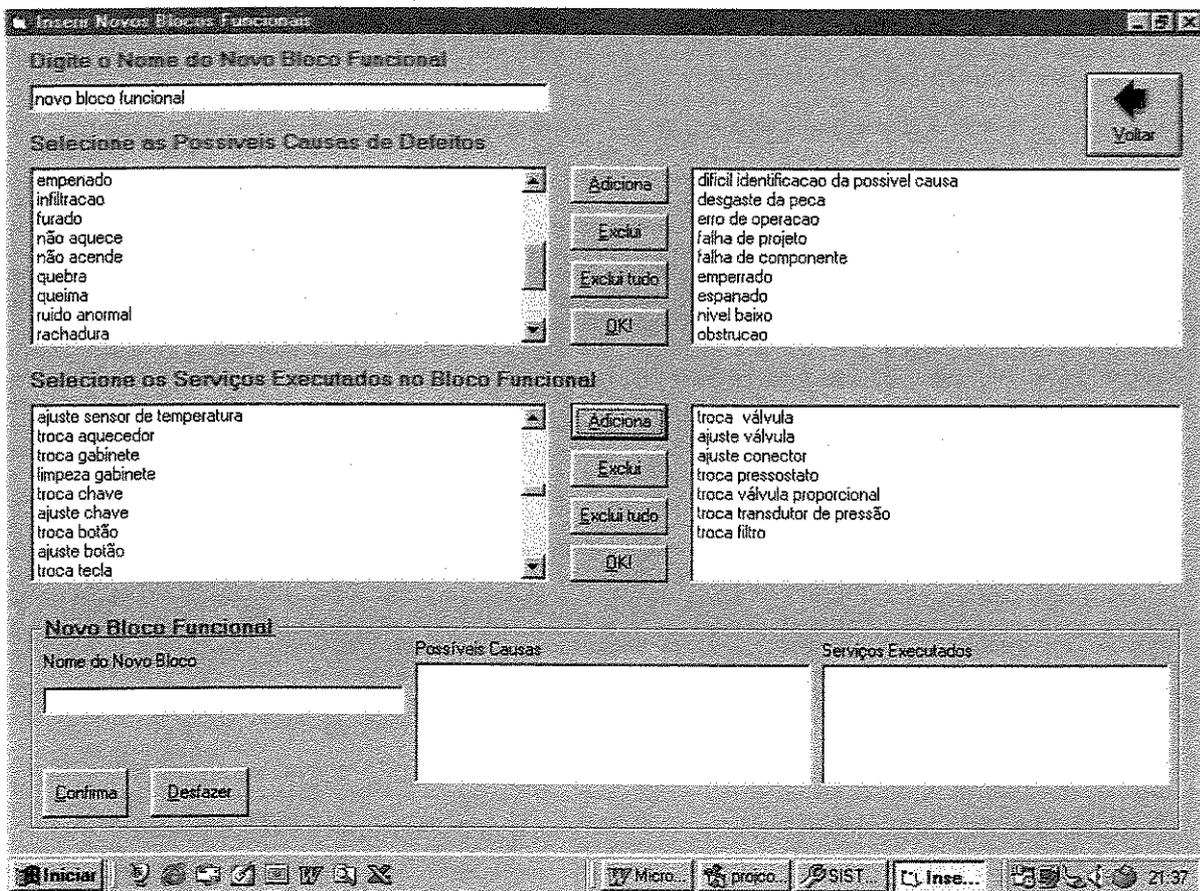


Figura 04 – tela inserir novos blocos funcionais

Caso não tenha informações de possíveis causas e serviços executados para o novo bloco funcional que vai ser inserido no sistema, utiliza-se a tela abaixo (figura 05) para cadastrar novas informações de possíveis causas e serviço executado. Neste programa o usuário não necessita criar um código para as novas informações inseridas, basta somente colocar o texto, ou seja, a descrição da informação, pois o sistema cria automaticamente os códigos necessários, pois é um recurso existente do ACCESS. As tabelas relacionamentos também são atualizadas automaticamente no banco de dados, quando um novo equipamento é criado pela combinação de blocos existentes, ou um novo bloco a partir da combinação das informações de serviços executados e possíveis causas.

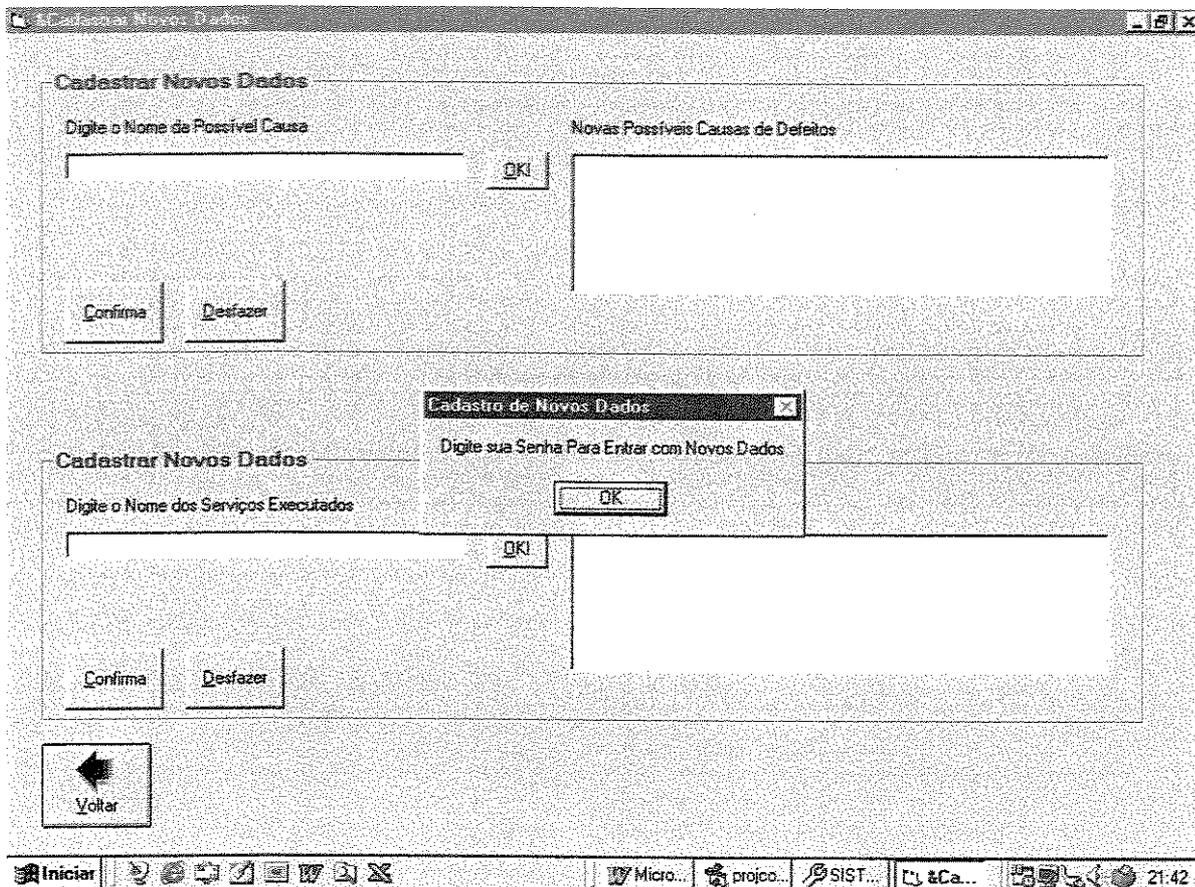


Figura 05 – Cadastrar novos dados

Para visualizar os registros do banco de dados foi desenvolvido a tela a seguir (figura 06). Clicando-se com o *mouse* em algumas destas listbox é possível visualizar todas as informações contidas no banco de dados.

Para o usuário acessar as outras telas do programa, bastando clicar com o *mouse* no nome da tela desejada localizada na parte superior

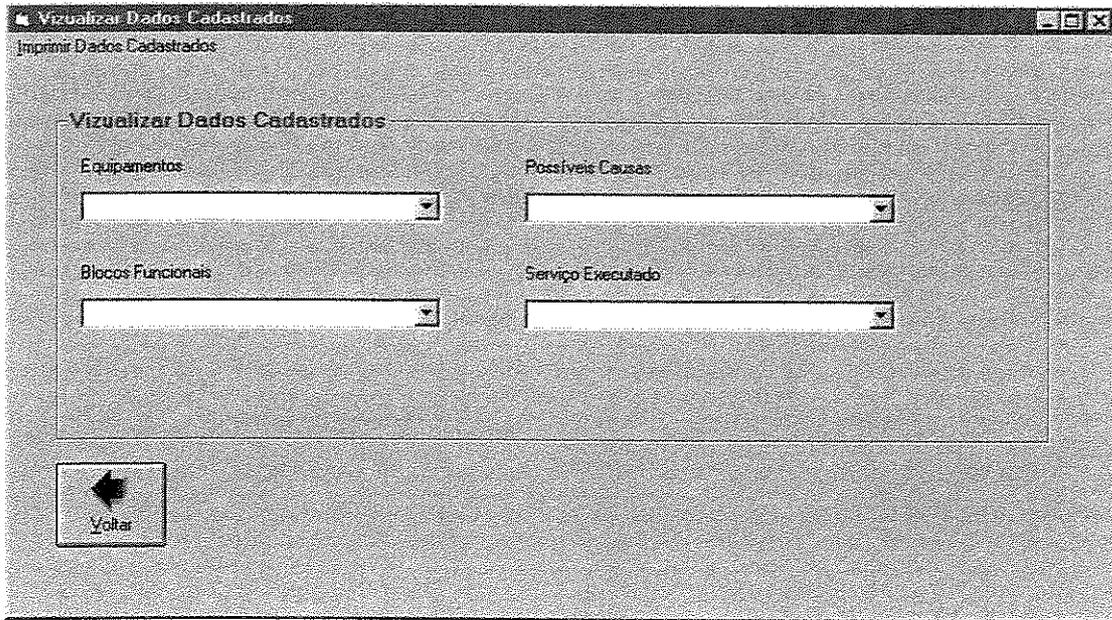


Figura 06

CAPÍTULO 2 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Para o teste e avaliação do programa, foi conseguido o apoio e a participação do pessoal técnico do CEB (Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP). Este apoio foi fundamental uma vez que o mesmo já possui um sistema informatizado para o Gerenciamento da Manutenção denominado PEND e desenvolvido em CLIPPER 3.0 que é executado sob o ambiente operacional MS-DOS.

Portanto, para a aplicação do SCODEM no CEB (necessária para a posterior avaliação da metodologia através de questionário), foram necessárias algumas alterações do programa, já que este foi desenvolvido para trabalhar no ambiente operacional MS-Windows. O programa foi reescrito (este procedimento foi executado pelo grupo de informática do CEB), ou seja, da linguagem Visual Basic 4.0 para a linguagem Clipper 3.0 e o banco de dados desenvolvido no ACCESS foi convertido para Dbase IV. Estas alterações foram feitas para possibilitar a implementação do programa dentro do PEND.

Depois de inserido o programa desta forma, foi dado um treinamento explicando o funcionamento da metodologia e o objetivo do teste para os participantes. Participaram 01 Engenheiro Eletrônico e 04 técnicos em equipamentos médicos. Selecionou-se um pequeno grupo de equipamentos para realização do teste, veja tabela 10 abaixo:

Tabela 10– Equipamentos selecionados para o teste da metodologia proposta

EQUIPAMENTOS
BANHO MARIA
MONITOR CARDÍACO
MICROSCÓPIO
ELETROCARDIÓGRAFO
OXÍMETRO DE PULSO
LÂMPADA DE FENDA
MONITOR MULTIPARAMÉTRICO

Este pequeno grupo de equipamentos foi selecionado por se tratar dos equipamentos mais comuns dos quais os participantes deste teste freqüentemente executam manutenções corretivas. O período de teste foi de 14/01/99 a 10/02/99. O teste rodou em paralelo com o andamento normal das atividades do CEB.

Para a avaliação da metodologia proposta, posterior ao teste, foi utilizado um questionário (ver apêndice VI) e entregue para os participantes depois do uso e preenchimento dos códigos de defeitos em sistema computacional.

CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do questionário está compilado na tabela 08 abaixo:

Tabela 11 – Resultado questionário da avaliação da metodologia proposta.

Nº do Questionário	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05
01	S	S	N	S	N
02	S	S	N	S	N
03	S	S	N	S	S
04	S	N	N	S	S
05	S	S	N	S	N

Legenda:

S – Sim

N – Não

Questão 01 – O Sistema de Codificação de Defeitos proposto é de fácil utilização?

Questão 02 – A forma como estão dispostas as informações sobre os defeitos (bloco funcional, possíveis causas e serviço executado) apresenta simplicidade de clareza na utilização?

Questão 03 – Na sua opinião, a utilização do sistema proposto acrescenta um gasto de tempo maior no preenchimento da O.S. (Ordem de Serviço) quando comparado com o preenchimento em linguagem escrita?

Questão 04 – Tecnicamente, o sistema proposto é de fácil adaptação na rotina de fechamento e preenchimento da O.S.?

Questão 05 – Identificou-se alguma dificuldade de inserção de outros tipos de equipamentos pela combinação e/ou criação de novos blocos funcionais?

Pela análise das respostas, observou-se que o sistema apresentou uma grande facilidade de utilização (100% das respostas Sim). A disposição e a seqüência das informações sobre os defeitos dos equipamentos apresentadas na tela do computador (bloco funcional, possível causa, serviço executado) não geraram dificuldades no preenchimento (80% das respostas negativas).

Na questão 3, que sugere um comparativo na rapidez de utilização entre o sistema proposto e o preenchimento convencional das informações de defeitos em uma O.S. comum, pode-se observar, por meio de 100% de aprovação dos técnicos, que o preenchimento utilizando os códigos é mais rápido que o preenchimento em linguagem escrita. Este foi um dos principais pontos positivos encontrados na utilização do método proposto, pois, a falta de interesse dos técnicos e o tempo gasto com o preenchimento de ordens de serviço constituiu-se em uma das principais motivações para o desenvolvimento de um sistema de codificação de falhas em equipamentos médicos.

Já na questão 04, pode-se observar, também por 100% de aprovação, que o sistema proposto é de fácil adaptação na rotina de fechamento e preenchimento de O.S., fato que denota facilidade de implantação em grupos de manutenção que já possuem sistema implantado de registro de manutenção. Após o teste o programa continuou sendo utilizado no CEB.

A questão sobre a dificuldade de inserção de outros tipos de equipamentos pela combinação e/ou criação de novos blocos funcionais no sistema proposto apresentou 60% de aprovação e 40% de reprovação entre os técnicos entrevistados. Este fato indicou que o método proposto requer um estudo prévio, por parte de cada usuário do sistema, sobre como é realizada a divisão de equipamentos em blocos funcionais e o que representa cada bloco. A dificuldade de inserção de novos blocos indica também que a inserção de novas informações nos sistema de codificação deve ser centralizada (talvez pela Gerência de Manutenção) e também que o sistema deve ser protegido por senhas de acesso para evitar o conflito destas informações.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos com a aplicação do questionário, conclui-se que o método proposto atingiu as características desejadas e citadas no início do capítulo 1 (Metodologia). O Sistema apresentou facilidade e rapidez de utilização, adaptabilidade na implantação em centros de manutenção que já possuem sistema de registro de manutenção e, possui informações relativas aos defeitos capaz de manter um histórico eficiente para possibilitar a análise de defeitos.

Desta forma, a implantação de um sistema de codificação de falhas em centros de manutenção de equipamentos traz, como principal benefício, a facilidade de análise dos defeitos podendo auxiliar a Gerência de Manutenção na visualização de questões como: treinamento de técnicos de manutenção; treinamento de operadores dos equipamentos; qualidade do serviço de manutenção corretiva prestado; substituição de equipamentos ou partes deles; identificação de erros de projetos em equipamentos; especialidade de técnicos a serem contratados; comparação dos tipos de defeitos encontrados em equipamentos de um mesmo tipo e fabricantes diferentes; identificação de defeitos intermitentes; identificação de componentes de baixa qualidade em equipamentos; identificação de erros na instalação dos equipamentos e/ou suprimentos para o funcionamento adequado dos mesmos; inclusão de equipamentos em programas de Manutenção Preventiva; identificação de procedimentos inadequados de Manutenção Corretiva adotados pelo técnico; elaboração de roteiros para execução de Manutenção Preventiva; elaboração de programas de Manutenção Preditiva.

A implementação do método proposto na forma digital demonstrou que este sistema pode ser implementado em hospitais de pequeno e grande porte. Desta forma, este trabalho tem como perspectiva futura ser divulgado e utilizado em um grande número de hospitais com o objetivo de se estabelecer uma padronização nacional para se codificar falhas de equipamentos médicos, visando facilitar a troca de informações e dados entre instituições públicas, particulares e até órgãos do governo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRONZINO, J.D. Biomedical Engineering and Instrumentation: basics concepts and applications . Boston: PWS Publishers, 1986, 481 p.
- BRONZINO, J. D. Management of Medical Technology : a primer for Clinical Engineers . Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1992. 452p.
- BRONZINO, J.D. The Biomedical Engineering Handbook. Hartford: CRC. Press, 1995, 2862p.
- BROWN, J.H.U.; JACOBS, J.E.; STARK, L. Biomedical Engineering. Philadelphia: F.A . Davis Company, 1971, 435p.
- CACERES, C. A . Management and Clinical Engineering. Dedham: ARTECH HOUSE, 1980, 470 p.
- CARR, J. J. Biomedical Equipment: use, maintenance and management. New Jersey. Prentice-Hall, 1992, 449 p.
- COBBOLD, RICHARD S.C. Transducers for Biomedical Measurements: principles and application. New York: John Wiley and Sons, 1974, 486 p.
- CROMWELL, LESLIE; WEIBELL, F. J.; PFEIFFER, E. A ., Biomedical Instrumentation and Measurements. 2ed. New Jersey: Prentice Hall, 1980, 510 p.
- DALLY, J. W.; RILEY, W. F.; McCONNELL, K. G.; Instrumentation for Engineering Measurements. 2ed. New York: John Wiley and SONS, 1993, 584 p.
- DALZIEL, C. F. Electric Shock Hazard. IEEE Spectrum, v. 9, n.2, p. 41-50, 1972.

- DEMARRE, D. A .; KANTROWITZ, P., ZUCKER, L.; SIMMONS, D., Applied Biomedical Electronics for Technicians. New York: Marcel Dekker, 1979, 334 p.
- ECRI – EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE. HPCS – Health Product Comparison System – Hospital Edition, Plymouthmeeting: ECRI, 1996.
- FEINBERG, BARRY N. Applied Clinical Engineering. New York: Prentice Hall, 1986, 524p.
- GEDDES, L.A. Principles of Applied Biomedical Instrumentation . 3 ed. New York: John Wiley and Sons, 1989, 961 p.
- GUREWICH, NATHAN; GUREWICH, O .R. Visual Basic 3.0: Guia do Programador. Tradução: André Rebelo Costa. Rio de Janeiro: Berkeley, 1993, 958 p.
- HALVARSON, MICHEL. Visual Basic 4 For Windows 95: passo a passo. Marcela Santana Novaes. São Paulo. Makron Books do Brasil, 1996, 433p.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE. Equipamentos Para Estabelecimentos Assistenciais à Saúde: planejamento e dimensionamento. 2ed. Brasília: Ministério da Saúde, 1994, 239 p.
- MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N.L. Manutenção – Combate aos Custos da Não Eficácia – a vez do Brasil. São Paulo: Makron Books do Brasil Ed. 1993.
- SUTPHIN, S. E. Advanced Medical Instrumentation and Equipment. New Jersey: Prentice-Hall , 1987, 183 p.
- WANG, B. & CALIL, S. J. Clinical Engineering in Brazil: current status. Journal of Clinical Engineering, v. 15, n.4, p. 287-293, 1990.

WEBSTER, J. B. *Medical Instrumentation: Application and design*. 2ed. Boston: Houghton Mifflin, 1992.

WEISS, MARVIN *Biomedical Instrumentation*. Philadelphia: Chilton Book Company, 1973, 286 p.

XU, Y. The Art and Science of Troubleshooting Medical Equipment: A Model for Troubleshooting Medical Equipment Down to the Component Level, *Biomedical Instrumentation & Technology*, v. 31, n.2, p. 129-136, 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE I

APOSTILA PARA CODIFICAÇÃO DE DEFEITOS - CEB/UNICAMP

Possível causa

DIC	Difícil ident. Da possível causa
DGP	Desgaste da peça
EOP	Erro de op. Do equipamento
EOA	Erro de operação do acessório
EQD	Equipamento derrubado
FCE	Falta de cuidado com equip.
FCA	Falta de cuidado com acessório
FHC	Falha de componente
FHP	Falha de projeto
FMP	Falta de manutenção preventiva
FMR	Falta de manutenção de rotina
MCT	Mau contato
PII	Pré-inst. em condições inadeq.
MAS	Amassado
CHQ	Choque
CCT	Curto-circuito
CRS	Corrosão
DFI	Defeito intermitente
DCL	Descalibrado
DSJ	Desajustado
EMP	Emperrado
EMP	Empenado
ESP	Espanado
INF	Infiltração
FTA	Falta de ar comprimido
FTD	Falta de água
FTG	Falta de gás
FTO	Falta de óleo
FTR	Falta de refrigeração
FO2	Falta de oxigênio
FUR	Furado
NAQ	Não aquece
NAS	Não acende
NVB	Nível baixo
OBS	Obstrução
QBR	Quebra
QUM	Queima
RDA	Ruído anormal
RCH	Rachadura

Partes e peças reparadas

ALF	Alto-falante
ALS	Alarme sonoro
ALV	Alarme visual
AMP	Amplificador
AVD	Anéis de vedação- O rings
BAC	Base de acrílico
BAL	Balão/balonete
BAT	Bateria
BAP	Bomba de aspiração
BDL	Bomba de diálise
BDR	Bomba de dreno
BOM	Bomba
BDL	Blender/misturador
BEX	Bilha externa
BGD	Bilha graduada
BOB	Bobina
BRC	Bomba de recirculação
CAB	Caneta p/bisturi
CAD	Conversor A/D
CAF	Circuito automático de frei.
CAG	Circuito automático de ganho
CAP	Capacitar
CAS	Circuito de assistida
CAT	Cabo de alta tensão
CAX	Caixa
CAV	Circuito de alta tensão
CBP	Cabo de paciente
CBF	Cabo de força
CCG	Circuito de carga
CDP	Circuito de disparo
CFC	Cabo multivias- flat cable
CFR	Circ. De contr. freq. respiratória
CHV	Chave
CIL	Cilindro
CLC	Circuito de clock
CMP	Compressor
CNC	Conector
CNT	Contator
COG	Circuito de coagulação

SIS	Sem isolação	COL	Colimador
SUJ	Sujo	COR	Correia
SLT	Solto	CPL	Cabo de placa
VAZ	Vazamento	CRC	Carcaça
VBR	Vibração		
	Partes e peças reparadas		Serviços executados
CRI	Cristal	AF	Aferição
CSC	Circuito de sincronismo	AJ	Ajuste
CTC	Controlador de condutividade	AL	Alinhamento
CTP	Controlador de pressão	AP	Aperto
CTT	Controlador de temperatura	CB	Calibração
CTV	Controlador de velocidade	CF	carga de fluido
CTO	Contato	CL	Colagem
CUT	Circuito de corte	CO	carga de CO ₂
CUP	Cúpula	DA	Desamassar
CVR	Circuito de varredura	DB	Desobstrução
DCS	Depósito de cal sodada	DE	Demonstração
DIA	Diafragma	DM	Desmontagem
DIS	Disjuntor	DS	Desinfecção
DOB	Dobradiça	FX	Fixação
DPL	<i>Display</i>	FR	Fresamento
DRV	Drive	FU	Furação
ECA	Eletrodo p/ cálcio	HE	carga de hélio
ECL	Eletrodo p/ cloro	IP	Inspeção
ECO	Eletrodo p/ CO ₂	IL	Instalação
ECG	Eletrodo p/ ECG	LB	Lubrificação
EEG	Eletrodo p/ EEG	LP	Limpeza
EGL	Eletrodo p/ glicose	MA	Manutenção de <i>software</i>
ELK	Eletrodo p/ potássio	MT	Montagem
ENA	Eletrodo p/ sódio	O2	carga de oxigênio
EO2	Eletrodo de O ₂	PI	Pintura
EPH	Eletrodo p/ pH	RC	Recarregar
ELT	Eletrodo	RI	Reinstalação
EIX	Eixo	RT	Reconectar
ENG	Engrenagem	SD	Soldagem
EPR	Eprom	SE	teste de segurança elétrica
ESC	Escova	SR	teste de segurança radiológica
EST	Estilete	TE	Teste
ETI	Eletroímã	TO	Torneamento
ETR	Estator	TR	troca/substituição
EVP	Evaporador	US	Usinagem
EXC	Excêntrico	VR	Vazamento reparado
EXR	Exaustor	VD	Vedação
FAL	Fonte de alimentação		
FIA	Fiação		
FIL	Filtro		
			Partes e peças reparadas
		GUI	Guia

FLX	Fluxômetro	HAS	Haste
FOL	Fole	HEL	Hélice
FRE	Freio	HOR	Horímetro
FRG	Fluido refrigerante	IND	Indutor
FUS	Fusível	IST	Isolante térmico
GAL	Galvanômetro	KNB	Knob
GRA	Grade	LAM	Lâmina
GRD	Grade difratora	LEN	Lentes
GRN	Guarnição	LMP	Lâmpada
	Partes e peças reparadas	SOL	Solenóide
MAC	Mancal	SOQ	Soquete
MAG	Mangueira	STR	Sistema de refrigeração
MAN	Manômetro	TAN	Tanque
MAT	Manguito	TEC	Teclado
MCP	Microprocessador	TER	Termômetro
MCV	Manovacuômetro	TEL	Telefone
MDR	Mandril	TMP	Temporizador
MEB	Membrana	TRA	Transdutor
MED	Medidor	TRS	Transistor
MER	Memória ram	TRC	Tubo de raios catódicos
MVC	Manovacuômetro	TRF	Transformador
MOL	Mola	TRT	Termostato
MOT	Motor	TRX	Tubo de raio-X
MUT	Multiplicador de tensão	TUB	Tubulação
OCL	Ocular	TUR	Turbina
OLE	Óleo	UMD	Umidificador
OSC	Oscilador	VAL	Válvula
PAR	Parafuso	VLE	Válvula eletrônica
PAS	Pás p/ desfibrilador	VPR	Válvula proporcional
PED	Pedal	VRP	Válvula reguladora de pressão
PEN	Pena	VSG	Válvula de segurança
PER	Pera	VUD	Válvula unidirecional
PIN	Pinça	VAP	Vaporizador
PIS	Pistão	VEN	Ventoinha
POL	Polia		
POR	Porca		
POT	Potenciômetro		
PLG	Plug		
PRS	Pressostato		
PRT	Portinhola		
PTE	Porta-escova		
PTF	Porta-fusível		
PTR	Ponte retificadora		
RAB	Rabicho		
RDE	Rede elétrica		
RDG	Rede de gases		

REG	Registrador
RES	Resistor
REL	Relé
RET	Regulador de tensão
RLT	Rolete
ROD	Rodízio
ROL	Rolamento
ROT	Rotor
RSA	Resistência de aquecimento
RSV	Reservatório
RTM	Rotâmetro
SEN	Sensor
SOF	<i>Software</i>

APÊNDICE II

LISTA DE CODIFICAÇÃO DE DEFEITOS - CEMEQ – UNICAMP

Sintomas		Causa	
ALMR	Alarme	AQUE	Aquecimento/isol. Deficiente
CNTD	Controle deficiente	ATER	Aterramento anormal
DEFI	Defeito intermitente	CHOQ	Choque mec/colisão/queda
FMIN	Falhas em módulos internos	CNAT	Causas naturais (raio, enchente)
FUNC	Funcionamento ineficiente	CNID	Causa não identificada
IMPD	Impressão deficiente	COMB	Comp./mat. Cons. ma qualidade
INDF	Indicação falsa	COMD	Componente danificado
INOP	Inoperante	CURT	Curto circuito
MEDI	Medição incoerente	DESC	Descalibrado/desajustado/desa
NESP	Não específico	DESG	Desgaste natural
PART	Parte danificada	EFIS	Equip. danif. Fisicamente
RUID	Ruído anormal	ENEC	Equip. não especificado corret.
SDEF	Sem defeito	FCOM	Falta de componentes
SOLD	Solicitações diversas	FENE	Falta energia/água/ar/oleo,etc
VAZA	Vazamento	INFI	Infiltração/rachadura/vazamento
VIBR	Vibração	INSI	Instalação em condições inadeq.
VISU	Visualização deficiente	LIGT	Ligação em tensão inadequada
		MCON	Mau contato
		MDEF	Manutenção deficiente
		NECE	Necessidade do usuário
		OPEI	Operação indevida
		SOFT	<i>Software</i> danificado/virus,etc
		SUJE	Sujeira

Solução

AJUS	Ajustado/calibrado
CARG	Carga de fluido/gases/bateria,etc
DESA	Desativado
FECH	Fechamento da OS pelo usuario
FRES	Fresamento/usinagem
INST	Instalação
LIMP	Limpeza,drenagem,desobstrução
LUBR	Lubrificação
ORIE	Orientação ao usuário
PINT	Pintura
PREV	Manutenção preventiva
RCON	Reconfiguração/atualização
REFE	Refeita solda/montagem,etc.
REIN	Reinstalado
REPA	Reparos internos
SEXT	Encaminhado ao serviço externo
SSOL	Sem solução definida
SUBS	Substituição/troca peças/comp.
TEST	Testes/verificações

Componentes

ANEL	Anéis
BATE	Bateria/pilha
CABO	Cabo/fiação
CARC	Carcaça
CHAV	Chave/interruptor
COMP	Compressor
CELE	Componente eletrônico
CORR	Correia
DRIV	Disco flexível
EIXO	Eixo
ELET	Circ elétrico/comando eletro-elet
ENGR	Engrenagem
FAXM	Fax/modem
FILT	Elemento filtrante/filtro
FITA	Tonner/cartucho/fita
FONT	Módulo fonte
FRIG	Circuito frigorífico
FUSI	Fusível/disjuntor
GABI	Gabinete/portas
GIMP	Conjunto de impressão
HIDR	Conjunto hidráulico

Componentes

ISOL	Isolante térm./vedação/proteção
JUNT	Junta/guarnição
LAMP	Lâmpada
MCPU	Módulo cpu
MECA	Conjunto mecânico
MEMO	Memória
MIDI	Multimídia/cd-rom/sound blaster
MODI	Módulos internos
MONI	Display/monitor
MOTO	Motor elétrico geral/motor
MOUS	Mouse
MVEN	Motor do ventilador
MVID	Modulo video/contr. video
OBJE	Objetiva
OCUL	Ocular
OLEO	Óleo
OTIC	Sistema ótico/ conjunto ótico
OUTR	Outros
PARA	Paralela
POTE	Potenciômetro
PRESS	Pressostato
RELE	Relé/contatora
RESI	Resistência

RETE	Retentor
RLMN	Rolamento
ROTO	Rotor
SELO	Selo mecânico/diafragma
SENS	Sensores/controladores/transdut.
SERI	Serial
TECL	Teclado/conjunto do teclado
TERM	Termostato
TRAN	Transf./fly-back/yoke
VALV	Válvulas
WINC	Disco rígido/whinchester

APÊNDICE III

LISTAGEM COM CÓDIGOS DE DEFEITOS CONTIDOS NO SOFTWARE SGTEC

Condições/Defeitos	Ações/Correção
001 Falta de Equipto/Acess	001 Busca de informações
002 Falta de informações	002 Busca de documentação
003 Desordem	003 Organização
004 Falta de manual de operação	004 Execução de compra
005 Falta de manual de serviço	005 Instalação de equipto/acess
006 Falta de manual de instalação	006 Recebimento de equipto/acess
007 Falta de manual de peças	007 Treinamento externo
008 Falta de plantas	008 Treinamento coletivo
009 Falta de esquemas	009 Treinamento em serviço
010 Falta de treinamento	010 Chamado técnico
011 Erro de operação	011 Análise de obsolescência
012 Obsoleto	012 Reunião
013 Problema de relacionamento	013 Troca do conector
014 Falta de planejamento	014 Enviado para representante
015 Não cadastrado	015 Eliminado o vazamento
016 Falta de documentos técnicos	016 Nivelamento
017 Falta de documentos comerciais	017 Check-list
018 Falta de controle	018 Checado no manual
019 Conector quebrado	019 Ajuste de tensão
020 Não liga	020 Eliminado a infiltração
021 Vazamento	021 Troca da bomba
022 Fora do nível	022 Troca do disjuntor
023 Não dispara o exame	023 Troca do fusível
024 Mensagem de erro continua	024 Rearme do disjuntor
025 Tensão da bateria baixa	025 Solda de componente
026 Infiltração	026 Troca de lâmpada
027 Bomba queimada	027 Solda de carcaça
028 Descalibrado	028 Ajuste da umidade do ar

029	Defeito intermitente	029	Troca de bateria
030	Fusível queimado	030	Troca da correia
031	Disjuntor desarmado	031	Ajuste da correia
032	Lâmpada queimada	032	Ajuste do eixo
033	Carcaça danificada	033	Ajuste da polia
034	Umidade do ar alta	034	Ajuste da alavanca
035	Tensão muito alta	035	Troca da alavanca
036	Tensão muito baixa	036	Acompanhamento técnico
037	Tensão desestabilizada	037	Ajuste da temperatura
038	Sem tensão	038	Ajuste de fase
039	Correia solta	039	Troca do relê
040	Alavanca quebrada	040	Teste biológico
041	Temperatura alta	041	Teste de Bowie & Dick
042	Temperatura baixa	042	Limpeza ou troca do relê
043	Não seca	043	Testes funcionais
044	Relê não aciona	044	Configuração do equipamento
045	Equip. Recém inst./Consertado	045	Análise de redução de consumo
046	Ramais fazendo chamadas indevidas	046	Busca de fornecedores
047	Consumo alto	047	Ajuste do volume de som
048	Falta de produtos de limpeza	048	Troca do tubo de raio-X
049	Som muito alto	049	Confecção de documentos/relatórios
050	Som muito baixo	050	Análise do sist. de ar condicionado
051	Tubo de raio-X queimado	051	Troca do filtro
052	Cheiro estranho	052	Cadastramento
053	Filtro vencido	053	Análise da instalação/Equipto
054	Falta gás	054	Análise comercial
055	Equip/inst. não adaptada p/ util.	055	Lubrificação
056	Não sai gás	056	Ajuste
057	Não recebe chamadas	057	Calibração
058	Engripado	058	Funcionamento irregular
059	Desajustado	059	Manutenção preventiva
060	Tempo para preventiva	060	Manutenção Corretiva
061	Quebrado	061	Troca de componente
062	Verificar nível do óleo	062	Retirada de equipamento do setor
063	Mau contato	063	Inventário

APÊNDICE IV

'TABELA CODIFICAÇÃO' COM CÓDIGOS E DESCRIÇÃO UTILIZADA PELA SID - INFORMÁTICA

Referência	Defeito
AA Cablagem interna	100 Amassando cédulas
AB Cabo de alimentação VAC	101 Bateria descarregada
AC Cabo de comunicação	102 Cuto circuito
AD Unidade CPU	103 Defeito Intermitente

AE	<i>Display</i>	104	Desajustado
AF	Fonte da impressora	105	Desconectado
AG	Fonte de alimentação	106	Erro de configuração
AH	Fonte do Módulo	107	Erro de contagem
AI	Gabinete	108	Erro de leitura
AJ	Gaveta de Dinheiro	109	Erro de memória
AK	Impressora	110	Erro de operação
AL	Leitor de Cartão Magnético	111	Erro de sincronismo
AM	Módulo Contador de notas	112	Excesso de rejeição
AN	Módulo depositário	113	Falha de impressão
AO	MonitorTerminal de vídeo	114	Instalação
AP	Cartão CPU	115	Mau contato
AQ	Cartão CPU do módulo	116	Mau uso do equipamento
AR	Cartão de barramento	117	Mecanismo desajustado
AS	Cartão de comunicação	118	Mecanismo quebrado
AT	Cartão Control. de Disco	119	Não apresentou defeito
AU	Cartão controlador de fita	120	Não atualizado
AV	Cartão de memória fiscal	121	Não comunica
AW	Cartão controlador de vídeo	122	Não conta cédulas
AX	Cartão Expans. de memória	123	Não inicializa
AY	Cartão monitora de vídeo	124	Não paga
AZ	Cartão Mother board	125	Não puxa papel
BA	Cartão (outros)	126	Não tem alimentação
BB	Scanner	127	Não tem vídeo
BC	Teclado auxiliar	128	Inoperante
BD	Teclado Principal	129	Pré-instalação
BE	Unidade de disco	130	<i>Software</i>
BF	Unidade de fita	131	Quebrado
BG	Ventilador	132	Remontando papel
BH	DIM	133	Sensor
BI	Roteadores	134	Teclas falhando
BJ	HUB	135	Travando
BK	Transceiver	136	Vandalismo
BL	Cofre	137	Vírus
BM	Cassete	138	Memória Fiscal
BN	Servidor de Acesso Remoto	139	Indeterminado
BO	Terminal Server	140	Falha Externa
BP	Inspeção		
	Solução		
200	Acompanhamento		
201	Ajustes		
202	Atualização		
203	Conexão		
204	Configuração		
205	Desenrosco		
206	Desinstalação		

207	Formatação
208	Instalação
209	Limpeza
210	Lubrificação
211	Manutenção Preventiva
212	Não apresentou defeito
213	Orientação ao usuário
214	Pré-instalação
215	Reaperto
216	Recadastramento
217	Remoção de curto circuito
218	Remoção do equipamento
219	Resoldagem
220	Testes
221	Troca de peçaMódulo
222	Zeramento de memória
223	Reinstalação

APÊNDICE V

TABELA COM CÓDIGOS E DESCRIÇÃO DE CAUSAS CEDIDAS PELO HOSPITAL SÃO RAFAEL – SALVADOR – BA.

Tabela de causas

A	Desgaste normal
AC	Alta condutividade-maq diálise
AE	Aquisição de equipamento
AN	Ato da natureza
AP	Alta pressão
AR	Artefatos circulares
AI	Atrito
B	Desgaste anormal
BA	Baixa resistência
BC	Baixa condutividade-maq diálise
BE	Baixa eficiência
BI	Baixa isolação
BL	Bolhas de ar a linha
BP	Baixa pressão
BR	Baixo rendimento
BV	Barra eletrônica elevador
CA	Cavitação
CI	Componente inoperante
CO	Corrosão
CP	Corrigir porta ajuste-lubrifica

Tabela de tipo de manutenção

1	Manutenção corretiva
2	Manutenção Preventiva
3	Preditiva
4	Manutenção de prédios
5	Serviço externo
6	Reformas
7	Fabricação
8	Investimento
R	Rotas
S	Re-serviço

Tabela de impedimentos

A	Aguardando definição superior
B	Em serviço externo
C	Cancelada
D	Falta projeto
E	Em elaboração de projeto
F	Compra de equipamento
G	Aguard. Assist. tec. especializada

DE	Descascamento do material	H	OS permanente- contratos
DF	Defeito de fabricação	I	Falta informação de dados
DJ	Desajuste	M	Falta materiais
EC	Excesso de carga	P	Em planejamento
EN	Entupimento objetos estranhos	R	Reformas-investimento
EP	Elevador parado	X	Atividade pre-parada
ET	Entupimento	Y	Atividade pos parada
FB	Fabricação-confecção		
FC	Foto cel.-desnívelamento elev.		
FD	Fluxômetro desregulado		
FG	Falha no gerador		
FI	Falha intermitente		
FL	Falha de lubrificação		
FM	Falha de manutenção		
FO	Falha de operação		
FP	Falha de programação		
FS	Falta de segurança		
IF	Infiltração		
IL	Iluminação do elevador		
IN	Instalação do equipamento		
MC	Mau contato		
MF	Má fixação		
MI	Material inadequado		
MP	Manutenção preventiva		
NA	Nível alto		
NB	Nível baixo		
ND	Não definida		
NT	Ato da natureza		
OL	Obstrução na linha		
OS	Óleo no sistema		
OX	Oxidação		
PC	Perda de chaves		
PE	Pesquisa-teste		
PJ	Projetos		
PO	Portas do elevador		
RA	Ruído anormal		
RE	Reforma		
RI	Redutor de intensidade de luz		
SA	Mau contato antena de TV		
SE	Sistema elétrico do elevador		
SI	Sinalização do elevador		
SJ	Sujeira		
ST	Saturação do componente		
TA	Temperatura anormal		
TD	Tensiômetro descalibrado		
TL	Troca de lâmpada		

- TR Transporte eqp-material
- TS Troca tampa vaso sanitário
- TV Travamento
- UM Umidade
- VA Vandalismo
- VC Variação da condutividade
- VR Variação rede elétrica
- VZ Vazamento

APÊNDICE VI

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA DISTRIBUÍDO PARA OS TÉCNICOS E ENGENHEIROS DO CEB- UNICAMP.

1) O Sistema de Codificação de Defeitos proposto é de fácil utilização?

Sim Não

2) A forma que estão dispostas as informações sobre os defeitos (bloco, causas e serviço executado) apresenta simplicidade e clareza na utilização?

Sim Não

3) Na sua opinião, a utilização do sistema proposto acrescenta um gasto de tempo maior no preenchimento da O.S. quando comparado com o preenchimento em linguagem escrita?

Sim Não

4) Tecnicamente, o sistema proposto é de fácil adaptação na rotina de fechamento e preenchimento da O.S.?

Sim Não

5) Identificou-se alguma dificuldade de inserção de outros tipos de equipamentos pela combinação e/ou criação de novos blocos funcionais?

Sim Não

6) Caso ache pertinente dê sugestões sobre o sistema proposto, assim como dúvidas dificuldade e problemas encontrados na utilização do sistema:

.....

.....

.....

.....