

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA  
COMPUTAÇÃO**

Tarig Ali A. EL Shheibia

**Um Modelo de Monitoração de Pacientes na UTI usando  
Micro Servidor Web**

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Título de Doutor em Ciência da Computação

Professor orientador: João Bosco da Mota Alves

Florianópolis, Outubro de 2003

# **Um Modelo de Monitoração de Pacientes na UTI usando Micro Servidor Web**

Tarig Ali A. EL Shheibia

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em  
Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Computação e  
aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da  
Computação.

**Banca Examinadora**

---

**Fernando Alvaro Ostuni Gauthier, Dr.**  
**Coordenador da CPGCC**

---

**João Bosco da Mota Alves, Dr.**  
**Orientador**

---

**Li Shih Min, Dr.**  
**Membro**

---

**José Manuel Martins Ferreira, Dr.**  
**Membro**

---

**Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.**  
**Membro**

---

**Keiji Yamanaka, Dr.**  
**Membro**

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 CONTEXTO.....	14
1.2 MOTIVAÇÃO E RELEVÂNCIA.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 Geral.....	17
1.3.2 Específicos.....	17
1.4 ORGANIZAÇÃO.....	17
<b>2. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO .....</b>	<b>19</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	19
2.2 ÁREAS DE APLICAÇÃO.....	19
2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO HOSPITALAR.....	20
2.3.1 A informação médica.....	20
2.3.2 Privacidade/Confidencialidade.....	21
2.3.3 Definição de Sistema de Informação Hospitalar .....	22
2.4 PROBLEMAS E SOLUÇÕES.....	25
2.5 CONCLUSÃO .....	27
<b>3. UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA (UTI).....</b>	<b>28</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	28
3.2 O CONCEITO DE UTI.....	28
3.3 COMO PROJETAR UMA UTI .....	29
3.3.1 PLANEJAMENTO DA ÁREA DE UMA UTI.....	29
3.3.1.1 Localização.....	29
3.3.1.2 Número de Leitos .....	30
3.3.1.3 Forma da Unidade .....	30
3.3.2 ÁREA DE INTERNAÇÃO.....	31
3.3.2.1 Área de Pacientes .....	31
3.3.2.2 Posto de Enfermagem.....	31
3.3.2.3 Módulo de Pacientes.....	31
3.3.3 Equipamento.....	32
3.3.3.1 Alguns Tipos de Sensores e Monitores .....	34
3.4 CONCLUSÃO .....	39
<b>4. SINAIS VITAIS.....</b>	<b>40</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	40
4.2 TEMPERATURA .....	40
4.2.1 Variações Normais de Temperatura .....	41
4.2.2 Variações Anormais de Temperatura.....	42
4.3 FREQUÊNCIA CARDÍACA .....	43
4.3.1 O Ciclo Cardíaco .....	43

4.3.2	<i>A Eficiência da Contração Cardíaca</i>	44
4.3.3	<i>Regulação do Bombeamento Cardíaco</i>	44
4.3.4	<i>Controle do Coração pelos Nervos Simpáticos e Parasimpáticos</i>	44
4.3.5	<i>Efeito da Frequência Cardíaca sobre a Função do Coração</i>	45
4.4	<b>PRESSÃO ARTERIAL</b>	45
4.4.1	<i>O sistema circulatório</i>	45
4.4.2	<i>Medindo a pressão Sangüínea</i>	46
4.4.2.1	<i>Como se mede a pressão sangüínea</i>	47
4.4.2.2	<i>Quais são os cuidados necessários ao medir a pressão sangüínea</i>	47
4.4.3	<i>Pressão sangüínea sistólica</i>	48
4.5	<b>SATURAÇÃO DO OXIGÊNIO</b>	48
4.5.1	<i>Saturação parcial de oxigênio no sangue arterial (SpO<sub>2</sub>)</i>	48
4.5.2	<i>OXIMETRIA DE PULSO</i>	49
4.6	<b>CONCLUSÃO</b>	50
<b>5.</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b>	<b>51</b>
5.1	<b>INTRODUÇÃO</b>	51
5.2	<b>O SISTEMA DE MONITORAÇÃO MÉDICO MÓVEL BASEADO NA WEB APRESENTADO PELA UNIVERSITY COLLEGE OF LONDON</b>	51
5.3	<b>A MONITORAÇÃO EM TEMPO REAL DOS PACIENTES EM LOCAIS REMOTOS APRESENTADOS PELA FACULDADE DA MEDICINA DE KON-KUK, KOREA</b>	52
5.4	<b>vMON-MOBILE</b>	54
5.5	<b>CONSIDERAÇÕES E COMPARAÇÕES SOBRE OS MODELOS APRESENTADOS</b>	55
5.6	<b>CONCLUSÃO</b>	56
<b>6.</b>	<b>O MODELO PROPOSTO</b>	<b>57</b>
6.1	<b>INTRODUÇÃO</b>	57
6.2	<b>APRESENTAÇÃO</b>	57
6.3	<b>ARQUITETURA CLIENTE-SERVIDOR</b>	60
6.4	<b>A DEFINIÇÃO DO HARDWARE</b>	61
6.4.1	<i>Escolha do Micro Servidor Web</i>	61
6.4.2	<i>Tipos de equipamentos médicos para monitoramento</i>	62
6.5	<b>ESCOLHA DAS FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO DA WEB</b>	65
6.6	<b>AQUISIÇÃO DE DADOS</b>	66
6.7	<b>ARMAZENAMENTOS DE DADOS</b>	67
6.8	<b>SEGURANÇA DE DADOS</b>	69
6.9	<b>DETALHANDO O MODELO GRAFICAMENTE</b>	70
6.10	<b>CARACTERÍSTICAS DO MODELO PROPOSTO</b>	73
6.11	<b>CONCLUSÃO</b>	74
<b>7.</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO</b>	<b>75</b>
7.1	<b>INTRODUÇÃO</b>	75
7.2	<b>INTERAÇÃO ENTRE CLIENTE E SERVIDOR</b>	76

7.3 SOBRE O OXÍMETRO DE PULSO .....	78
7.3.1 Comunicação Serial RS 232 no Oxímetro.....	79
7.4 SOBRE O MICRO SERVIDOR WEB.....	80
7.4.1 Hardware do MSW.....	80
7.4.1.1 Comunicação Serial no MSW .....	81
7.4.1.2. Porta de Comunicação Ethernet .....	82
7.4.1.3 Porta de programação <i>In-System</i> .....	83
7.4.1.4 Portas de Entrada/Saída.....	83
7.4.2 Software Básico do MSW .....	84
7.4.3 O software aplicativo no MSW.....	87
7.5 IMPLEMENTAÇÃO DAS APLICAÇÕES .....	89
7.5.1 Monitoramento de (SpO2), (FC) e temperatura em tempo real.....	91
7.5.2 Download de Dados do Oxímetro .....	95
7.5.3 Informações sobre o paciente.....	100
7.5.4 Monitorando a Temperatura .....	100
7.6 RESULTADOS OBTIDOS .....	102
7.7 CONCLUSÃO .....	106
<b>8. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>107</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>110</b>

## Lista de Figuras

Figura (2.1) Computador centralizado em um hospital.....	23
Figura (2.2) Rede distribuída de computadores.....	25
Figura (3.1) Sensores da temperatura.....	34
Figura (3.2) Sensor DT 189 (Eletrocardiograma) .....	35
Figura (3.3) O Dyna-Klock .....	36
Figura (3.4) Oxímetro de pulso M1000.....	37
Figura (3.5) O DX 2010 VÍDEO INTERNO LCD .....	38
Figura (3.6) O DX 2010 MOD .....	39
Figura (5.1) Modelo apresentado pela University College of London.....	52
Figura (5.2) Monitoração em tempo real dos pacientes em locais remotos .....	53
Figura (5.3) Esquema de funcionamento do vMon-mobile.....	55
Figura (6.1) O Modelo Proposto .....	58
Figura (6.2) Modelo da Implementação .....	59
Figura (6.3) <i>Capnograph</i> Monitor da <i>Novamatrix</i> .....	64
Figura (6.4) <i>Transcutaneous</i> Monitor da <i>Novamatrix</i> .....	64
Figura (6.5) Monitor de sinais vitais Atlas.....	65
Figura (6.6) Fluxo da aquisição de dados.....	67
Figura (6.7) Fluxo de armazenamento de dados do modelo.....	68
Figura (6.8) Descrição do Micro Servidor Web.....	71
Figura (6.9) Descrição do Modelo.....	72
Figura (7.1) Implementação do Modelo Proposto.....	76
Figura (7.2) Interação Cliente-Servidor através de scripts CGI executados no MSW.....	77
Figura (7.3) Painel traseiro do oxímetro.....	79
Figura (7.4) Diagrama em blocos do MSW .....	80
Figura (7.5) O Micro Servidor Web (MSW).....	81
Figura (7.6) Conexões do DB25.....	82
Figura (7.7) Descrição dos Sinais do conector Ethernet .....	82
Figura (7.8) Sinais da porta SPI .....	83
Figura (7.9) Sinais da porta SPI .....	84
Figura (7.10) Camadas do firmware utilizado no MSW .....	85
Figura (7.11) Software aplicativo no Micro Servidor Web.....	88
Figura (7.12) Composição das páginas Web .....	89
Figura (7.13) Pagina Inicial da Implementação.....	90
Figura (7.14)Interação dos objetos com a applet Oxímetro .....	93
Figura (7.15) Visão Geral do Modo Funcional .....	94
Figura (7.16) Monitoramento em Tempo Real.....	95
Figura (7.17) Visão Geral do <i>Trend mode</i> .....	96
Figura (7.18) Interação entre os objetos e a applet Trend Dump .....	97
Figura (7.19) Sensor de Temperatura DS 1621 .....	101
Figura (7.20) Conexão dos Sinais ao MSW .....	102
Figura (7.21) Tela principal com a monitoração ativada.....	103
Figura (7.22) Ondas de SpO2, FC e TC .....	104
Figura (7.23) Expansão da Onda de SpO2 .....	104

Figura (7.24) Expansão da Onda de FC .....	105
Figura (7.25) Tipo de relatório gerado .....	105
Figura (7.26) Tela de comunicação do Simulador .....	106

## Lista de Tabelas

Tabela (4.1) A Frequência Cardíaca e A Idade da Pessoa.....	43
Tabela (4.2) A Pressão Arterial e A Idade da Pessoa.....	46
Tabela (6.1) Comparando entre os vários servidores Web embutidos.....	62
Tabela (6.2) Descrição do Micro Servidor Web.....	71
Tabela (7.1) Formato de dados para a Real Time (Mode 1) Oxypleth serial interface.....	91
Tabela (7.2) Seqüência de dados da dado.cgi, quando conectado ao oxímetro no modo Real Time (Mode 1) da interface serial.....	92
Tabela (7.3) Sinais de status para SpO2.....	92
Tabela (7.4) Formato <i>Trend data</i> .....	95
Tabela (7.5) Formato dos Dados para o modo de interface serial Trend Dump (Mode 6).....	98
Tabela (7.6) Seqüência de dados do script getserialdado.cgi, quando conecta o oxímetro no modo Trend Dump (Mode 6) da interface serial.....	99
Tabela (7.7) Descrição dos Sinais do DS1621.....	101

## Lista das Abreviaturas

UTI	Unidade de Terapia Intensiva
MSW	Micro Servidor Web
MWS	Micro WEB-Server
ICU	Intensive Care Units
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
MIS	Monitoring Information Service
VSMS	Vital Sign Monitoring Service
MCS	Multimedia Consulting Service
ECG	Eletrocardiograma
SpO2	Saturação parcial de oxigênio
IBP	Pressão arterial invasiva
NIBP	Pressão arterial não invasiva
LANS	Local Area Networks
WANs	Wide Area Networks
RExLab	Laboratório de Experimentação Remota
ARP	Address Resolution Protocol
RTT	Round Trip Time
UDP	User Datagram Protocol
CGI	Common Gateway Interface
TC	Temperatura Corporal
FC	Frequência Cardíaca
PÁS	Pressão Arterial Sistólica
PAD	Pressão Arterial Diastólica

## Dedicatória

أهدي هذا العمل  
إلى روح والدي  
عائلي الشهبية

*Dedico este trabalho,  
à memória de meu pai,  
Ali El Shheibia*

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus por ter me iluminado e dado força para a realização e conclusão deste trabalho.

Agradeço à minha família, que mesmo longe, se fizeram presente em cada momento desta etapa, através de seu incentivo e orações.

Sou muito grato ao meu orientador Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves pela orientação, esforço, apoio, incentivo e principalmente paciência e amizade. Ao Doutor Li me deu bastante apoio durante desenvolvimento deste trabalho, ao Professor Maia pelas discussões e dicas sobre o trabalho, o Professor José Manuel Martins Ferreira por se dispor a participar na banca, a Professora Silvia pelo apoio.

Ao meu amigo Juarez Bento da Silva e família dele por me ajudar em desenvolver este trabalho, através dele gostaria de agradecer a minha família da Araranguá, Mauricio, Suenoni, Muriel, Marta, Luciana e resto da turma.

Aos colegas do RExlab, Andréa Miranda, Gilberto Medeiros, Gilberto Corrêa, Douglas, Maia Neto, Rafael Chaves, Rodrigo Camiña, Maria Osman, Tânia, Guilherme, Saulo e outras colegas que me ajudaram na realização deste trabalho.

Aos meus amigos que fizeram dessa minha estada em Florianópolis mais agradável: Fabio Veiga, Calil, Liz, Cristiano, Jô, Andréa, Wilton.

Meu agradecimento a Helena pela paciência e apoio dados neste período.

A todos os funcionários do INE em particular Mauro, Maria, Rita, Mario, os todos da CPGCC, em particular Verinha pelo carinho e paciência. Os Funcionários do Hospital Universitário de Santa Catarina (HU).

Aos meus amigos Ajuad e Mohamed pelo apoio e por tornar a distância entre a família menos difícil.

E a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## Resumo

Este trabalho apresenta modelo de baixo custo para monitoração de pacientes em leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI), utilizando-se Micro Servidor Web (MSW), sistemas da computação embarcada, para capturar, disponibilizar remotamente via Web e armazenar temporariamente (dados das últimas 24 horas), os sinais vitais, adquiridos por monitores padronizados. O monitor, por sua vez, está ligado aos os sensores, também padronizados, que estão conectados ao paciente. Para o modelo foram escolhidos os seguintes sinais vitais: (a) temperatura corporal, (b) pressão arterial sistólica, (c) pressão arterial diastólica, (d) frequência cardíaca e (e) oximetria. Mas devido à falta dos equipamentos foi possível monitorar só três sinais, temperatura corporal, frequência cardíaca e oximetria. O MSW executa um pré-processamento comparando o valor de cada sinal, cuja frequência de amostragem é regulável pelo profissional responsável pela UTI, acionando alarme no caso de anormalidade, armazenando os registrados nas últimas 24 horas no próprio MSW, além de armazená-lo em um servidor remoto para análise e estudos posteriores. Dessa forma, o MSW possibilita a monitoração remota do paciente, via Internet, Intranet. Essa tecnologia permite otimizar o custo agregado de monitoração em leitos hospitalares em UTI.

## **Abstract**

This work presents a low cost model for patient monitoring in Intensive Care Units (ICU), using a Micro Web-Server (MWS) embedded computer system, in order to have vital signals, obtained by standard monitors, captured, made available via Web and temporarily stored (previous 24 hours data). Monitors are connected to, also standard sensors connected to the patient. For the present model, the following vital signals were chosen: (a) body temperature, (b) systolic blood pressure, (c) diastolic blood pressure, (d) cardiac frequency and (e) oxymetry. But due to lack of the equipment it was possible to monitor alone three signals, body temperature, cardiac frequency e oxymetry. MWS executes a pre-processing, comparing each signal's value, which sample frequency can be regulated by the professional responsible for the ICU, and it triggers an alarm when something is abnormal. It stores the previous 24 hours records in itself, besides storing them in a remote server for further studies. That means, MWS allows remote patient monitoring, via Internet, Intranet. This technology allows optimizing the monitoring cost in ICU.

# 1. Introdução

Neste capítulo serão apresentados o contexto, a motivação e a relevância, bem como o objetivo geral e os específicos desta pesquisa. Por fim, será apresentada, uma visão geral da organização da tese.

## 1.1 Contexto

A tecnologia tem feito nascer cada vez mais idéias inovadoras na área da informática, sendo uma delas, a monitoração. O estudo da monitoração vem crescendo a cada dia em diferentes áreas como tráfego aéreo, terrestre e náutico, geologia, climatologia, indústria, laboratórios e na pesquisa científica [HUDSON].

Com a popularidade da Internet, a tecnologia de sistemas embutidos para Internet torna-se uma das tendências atuais para os fabricantes de pequenos Servidores Web que vão permitir o controle e monitoramento via Internet. Atualmente, equipamentos como impressoras, roteadores, câmeras dispõem desta facilidade possibilitando configuração e disponibilização de informações sobre seu estado e operações [BENTO].

São muitas as vantagens para o projeto e desenvolvimento de dispositivos com Internet embutida. Uma delas, é permitir que um dispositivo possa ser remotamente acessado e ter o seu uso facilitado pela Internet. Um dispositivo habilitado pela Web possibilita o uso de capacidades que até então não seria possível para um dispositivo único e isolado. O acesso remoto permite o diagnóstico de falhas, atualizações de *firmware* e controle de dispositivos que pode significar uma redução nos custos de manutenção [FORD].

Uma área que utiliza a tecnologia para melhor desempenhar monitoração é a da saúde e, dentro dela, a terapia intensiva é a mais destacada. As Unidades de Terapia Intensiva (UTI) preocupam-se em manter a vida de pacientes. Essa preocupação pode ser notada no início dos anos 50 [EDWARD], já nesta época, percebeu-se que havia uma necessidade maior de observação dos pacientes por parte de médicos e enfermeiros, onde os mesmos, observam e registram sinais vitais de tempos em tempos de forma manual.

Com o passar do tempo, a tecnologia juntamente com a de monitoração, veio apoiar e facilitar o trabalho desses profissionais.[DOLORES] A monitoração dos leitos hospitalares vem melhorando, muito embora a solução, na maioria das vezes, é de alto custo. Nessa visão de custo, este trabalho vem propor uma metodologia que une ferramentas e dispositivos, disponíveis para otimizar custo de monitoração, podendo ser implantada facilmente.

Como o custo da aquisição de equipamentos de monitoração de leitos hospitalares em UTI é considerável. Há várias tentativas para desenvolver modelos para reduzir o custo do trabalho de monitoração, dispensando recursos financeiros para altos investimentos, como por exemplo os modelos que estão mostrados no estado da arte do trabalho.

Atualmente, equipamentos de monitoração de leitos hospitalares em UTI utilizam um padrão apesar de mostrar os dados do paciente de forma contínua. Porém, esses dados monitorados são registrados manualmente de hora em hora e os dados entre esses registros são perdidos e juntamente com eles as possíveis informações relevantes, como por exemplo às variações nos dados clínicos dos pacientes que podem fazer diferença no diagnóstico.

Para esta pesquisa será utilizado o Micro Servidor Web (MSW) que foi desenvolvido no Laboratório da Experimentação Remota (RExlab) da Universidade Federal da Santa Catarina como base de teste e para utilizar em outras aplicações. Com Micro Servidor Web, os dados são adquiridos em tempo real e armazenados de forma mais eficiente e segura, permitindo acesso tanto local quanto remoto.

Um fato importante no desenvolvimento é o custo do dispositivo, onde o uso de soluções que oferecem código livre e que sejam portadas para os sistemas operacionais livre. Um dos objetivos principais do Laboratório de Experimentação Remota da Universidade Federal de Santa Catarina (RExLab/UFSC) é desenvolver tecnologia de boa performance e de baixo custo.

## 1.2 Motivação e Relevância

A Monitoração remota dos pacientes vem sendo considerada na literatura especializada como uma tendência irreversível. No caso de unidades de terapia intensiva (UTI), as dificuldades são maiores devidos o alto custo dos equipamentos necessários a uma monitoração eficiente. Na medida em que as funcionalidades desses equipamentos ampliam, seus custos crescem de forma exponencial, dificultando o seu uso [HUNG] [MAGRABI] [PARK] [YANG].

A exigência de baixar os custos dessa monitoração é, portanto, uma questão de sobrevivência para a grande maioria dos hospitais. Todos os hospitais já dispõem de equipamentos de monitoração presencial, sendo que a maioria deles não permite a funcionalidade de monitoração remota. Este problema poderia ser resolvido com a adição de tais funcionalidades sem a necessidade de aquisição de novos equipamentos.

Um outro problema em relação aos equipamentos de UTI é que os monitores padronizados não mantêm os registros dos dados vitais, em geral, o registro da monitoração, é feito com intervalo pré-determinado e manualmente. O médico, portanto, não dispõe de informações entre esses intervalos. Essa é uma funcionalidade que poderia ser agregada aos equipamentos já existentes.

O modelo aqui proposto provê tais funcionalidades. Tanto no que diz respeito à monitoração remota de pacientes de UTI, quanto a uma maior quantidade de informação à disposição dos profissionais de saúde envolvidos. E, principalmente, com custo extremamente reduzido.

Parte-se do pressuposto que o custo da aquisição de equipamentos de monitoração de leitos hospitalares em UTI, é considerável. Neste sentido este trabalho procura apresentar um modelo, cujo custo fica acessível a entidades públicas e até mesmo particulares que necessitem do trabalho de monitoração e não possuam recursos financeiros para altos investimentos.

A importância deste trabalho reside também na aquisição de dados em tempo real, de forma mais eficiente e segura, tanto localmente como remotamente, utilizando a tecnologia de Micro Servidor Web.

Assim, a importância de que a monitoração de pacientes em UTI acontece de forma dinâmica, ou seja, dados clínicos destes pacientes podem ser monitorados durante 24 horas. Além disso, esses dados podem ser armazenados na forma segura tanto no MSW como no servidor de dados, podendo ser recuperados para posterior consulta ou pesquisa.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Geral**

Propor um modelo de monitoração dos pacientes numa Unidade de Terapia Intensiva, utilizando tecnologia de Micro Servidor Web.

### **1.3.2 Específicos**

- Demonstrar a aplicabilidade e versatilidade da ferramenta de baixo custo desenvolvida no Rexlab/UFSC.
- Facilitar a monitoração dos sinais vitais a distancia
- Possibilitar aquisição, armazenamento e recuperação de dados clínicos, a partir de Micro Servidor Web.
- Possibilitar a observação remota de sinais vitais de paciente na UTI.
- Flexibilidade de personalizar a monitoração pelos médicos.
- Otimizar o custo agregado de monitoração em leitos hospitalares em UTI.
- Contribuir para pesquisas na área de monitoração de UTIs.

## **1.4 Organização**

Este trabalho está organizado da seguinte forma: no primeiro capítulo apresentou uma contextualização do trabalho, os aspectos básicos que motivaram este tema, os objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo será apresentada uma visão geral sobre Sistema de Informação Hospitalar, como por exemplo, as informações médicas, a privacidade das informações hospitalar, as definições do Sistema da Informação Hospitalar e por fim os problemas e soluções.

No terceiro capítulo será apresentada uma visão geral sobre UTI, como por exemplo, a parte física da mesma, as divisões que contém, alguns tipos de sensores e monitores e o funcionamento dentro da unidade.

No quarto capítulo será mostrado como se dá definição dos sinais vitais e como são tratados. Neste capítulo, ainda será explicado como os sinais são medidos e o comportamento dos mesmos na vida do paciente.

No quinto capítulo será apresentado um estado da arte como um levantamento dos estudos que estão desenvolvidos na área da pesquisa tanto nacional como internacionalmente, fazendo resumo de cada modelo separadamente e por fim fazendo os consideração e comparação entre si.

No sexto capítulo é apresentado o modelo de monitoração dos sinais vitais, explicando como será feita a aquisição, o armazenamento e a recuperação de dados em tempo real utilizando tecnologia Micro Servidor Web, a arquitetura do modelo, a definição do hardware do modelo, tipo de equipamento medica utilizada, a segurança dos dados e por fim as características do modelo proposto.

No sétimo capítulo são expostas a implementação do modelo proposto, a interação entre o cliente e servidor, ilustrando sobre o oxímetro de pulso, explicando como feita a comunicação serial no oxímetro, ilustrando sobre o Micro Servidor Web, a comunicação serial no MSW, as portas de comunicação, de programação e de entrada e saída, ilustrando o software básico do MSW, a implementação das aplicações, a monitoração em tempo real, a captura dos dados do oxímetro e por fim a monitoração da temperatura.

No oitavo capítulo são apresentado às conclusões e os trabalhos futuros da pesquisa deste trabalho.

Finalmente, são apresentadas as referências bibliográficas que forem utilizadas ou consultadas para que a realização deste trabalho seja possível.

## 2. Sistemas de Informação

### 2.1 Introdução

Um sistema de informação pode ser visto como um conjunto de componentes inter-relacionados trabalhando para coletar, armazenar, processar, disponibilizar e distribuir informações, com o objetivo de facilitar todo o processo de planejamento, controle, coordenação, decisão e análise, numa dada organização [LAUDON] [HARRIS] [RAYMOND]. Um sistema de informação pode conter informação relacionada com pessoas, lugares e outros, que envolvem todo o ambiente de uma organização. Basicamente transformam a informação através de um ciclo composto por três etapas, *input*, processamento e *output*.

O *input* é os dados brutos que são recolhidos no ambiente interno e no ambiente externo da organização. Através do processamento, estes dados brutos são transformados numa informação mais apropriada, mais útil, mais inteligível. Por último, o *output* representa a transferência da informação processada para todas as pessoas ou atividades que irão usá-las.

Os sistemas de informação não são nada de novo, já existem há muito tempo. As técnicas que os implementam, ou seja, a tecnologia de informação associada, é que tem variado ao longo do tempo. Atualmente temos, por exemplo, suportes em meios magnéticos, utilização de bases de dados e comunicação usando redes de computadores, enquanto que antes tínhamos suporte em papel, comunicação por correio e processamento manual. O objetivo da construção de Sistemas de Informação é o de resolver vários problemas organizacionais.

### 2.2 Áreas de aplicação

O uso dos computadores num sistema de informação pode ser classificado em cinco grandes áreas de aplicação:

- processamento de dados (*Data processing*)
- sistema de informação de gestão (*Management Information Systems*)
- sistemas de apoio à decisão (*Decision Support System*)
- automação de escritório (*Office Automation*)
- sistemas especialista (*Expert Systems*)

## **2.3 Sistemas de Informação Hospitalar**

### **2.3.1 A informação médica**

A informação é um dos recursos mais importantes que um hospital pode ter. Senão observa-se por exemplo que a maior parte das decisões acerca do estado de saúde de um doente são tomadas tendo em conta informação recolhida anteriormente. A informação é essencial, mas todo o processo de coleta e processamento de dados tem custos elevados [FERRARA]. São necessários equipamentos e pessoal especializado. Os médicos, em geral, passam muito do seu tempo de trabalho a recolher e a usar informação [DETMER] [KAPLAN] [GUNDERSEN].

A informação que os hospitais recolhem acerca dos doentes deve ser usada essencialmente para suporte às decisões clínicas. Por outro lado esta informação deve ser usada para analisar o desempenho dos tratamentos utilizados, para que os doentes tenham o melhor tratamento possível e para que os resultados sejam consistentes com os melhores resultados encontrados em outros hospitais. Além disso, a informação deve ser utilizada para calcular os gastos, as necessidades de material e as necessidades de pessoal do hospital. Atualmente vários hospitais já recolhem dados clínicos de uma forma eletrônica [DUJAT] [SYRAN].

Esta evolução para o uso dos computadores vem resolver vários problemas de acesso, interpretação e, fundamentalmente, de organização dos dados clínicos [EVANS] [TYRER] [KAUFMAN] [KELLY]. Só que esta forma de suporte dos dados pode trazer problemas para os pesquisadores clínicos, dado que na maioria das vezes eles não podem acessar diretamente à base de dados clínica, precisando de programadores para servir de intermediários entre estes e os dados. Um outro problema está relacionado com os dados clínicos que são recolhidos diariamente, onde são introduzidos vários tipos de erros que têm de ser identificados e bem entendidos, antes que se possa aproveitar todas as capacidades que uma base de dados clínica pode ter.

Estes fatos levam à necessidade de existência de programas informáticos fáceis de usar, potentes e que permitam aos médicos efetuar pesquisas nas bases de dados do hospital, por

diversas áreas (clínica, administrativa, etc.) auxiliando-os no tratamento dos doentes e na pesquisa.

As pesquisas nos dados clínicos devem poder ajudar os clínicos na tomada de decisão acerca da ação a empreender a um determinado doente com determinados sintomas [TIN]. A base de dados contém um potencial enorme ao nível de informação e conhecimento [TIERNEY]. O acesso rápido aos dados serve para, diminuir a distância que existe entre o tratamento clínico e a pesquisa, melhorar a qualidade dos tratamentos e suportar a tomada de decisão [DEGOULET].

### **2.3.2 Privacidade/Confidencialidade**

A informação sobre a saúde pessoal é em geral uma informação muito sensível. A segurança dos dados médicos é um fator importante [CHEONG]. A gestão da segurança na proteção de informação médica engloba aspectos como a confidencialidade, a integridade e a disponibilidade, e pretende evitar corrupções, perdas e abusos.

Num Sistema de Informação Hospitalar (SIH) a instalação de segurança é um processo complexo, mesmo dispondo de toda a informação necessária para tal. Existe uma grande distância entre a teoria e a prática. No Hospital Universitário de *Leiden* (Leiden University Hospital) houve esforços no sentido de, pelo menos parcialmente, ultrapassar este problema [GREENES].

São crescentes as preocupações devido à tendência de centralização de informação por parte de várias instituições, a criação de *smart-cards* com informação dos pacientes o que certamente torna a informação mais facilmente acessível. Mas ao contrário do que se poderá pensar, os sistemas informáticos poderão garantir maior confidencialidade do que os atuais suportes de papel. Basta pensar que quase qualquer pessoa poderá ter acesso aos arquivos clínicos que muitas vezes estão espalhados pelo hospital (em cima de mesas, etc).

### 2.3.3 Definição de Sistema de Informação Hospitalar

O uso das aplicações com processamento de dados eletrônico nos hospitais tem tido várias denominações ao longo dos anos, como por exemplo sistemas de comunicação hospitalares, sistemas de informação hospitalares, registros médicos eletrônicos, sistemas de informação médicos e sistemas integrados e avançados para gestão de informação.

Um SIH deve servir como um meio para as comunicações entre os diversos subsistemas ou unidades que funcionam ou colaboram num hospital. *Winter* [WINTER] diz que um SIH pode ser considerado o conjunto de todas as atividades de processamento de informação num determinado hospital.

Para *Prokosch* [PROKOSCH] a maioria das definições existente preocupa-se com a descrição das intenções e metas de um SIH em vez de caracterizarem precisamente os seus aspectos básicos.

Para que as comunicações entre aplicações com processamento eletrônico de dados sejam eficientemente suportadas existem dois aspectos chaves que têm que ser considerados: o hardware e o software, os quais formam as bases para o sistema de comunicações hospitalar. Esta aproximação é considerada como o primeiro passo para a formação de um registro eletrônico de dados médicos.

*Prokosch* considera que um SIH é mais do que a soma de todos os sistemas dos departamentos, integrados num sistema de comunicações hospitalar, dando ênfase à diferença existente entre dados e informação. São necessárias ferramentas para transformar os dados em informação. Um sistema de comunicações hospitalar que inclua algum nível de funcionalidades de processamento de informação ou de processamento de conhecimento deve ser designado de Sistema de Informação Hospitalar. A integração é um aspecto fundamental no processo de desenho e desenvolvimento de um SIH.

O desenvolvimento de SIHs começou nos anos 60, nos grandes hospitais-escola dos EUA e Europa. Com os custos do hardware e do software então disponíveis, somente grandes instituições podiam arcar com o investimento requerido para um computador suficientemente grande. Posteriormente, grande número de *software-houses* e *system-houses* especializadas, em muitos países, assim como muitos fabricantes de hardware de grande e médio porte, passaram a oferecer sistemas *turn-key* (para pronta operação) de informação hospitalar, genéricos e especializados. A solução adotada na época (que ainda continua sendo utilizada em vários países, inclusive no Brasil) foi a do sistema totalmente centralizado como esta mostrada na Figura (2.1) [JOHANSTON].

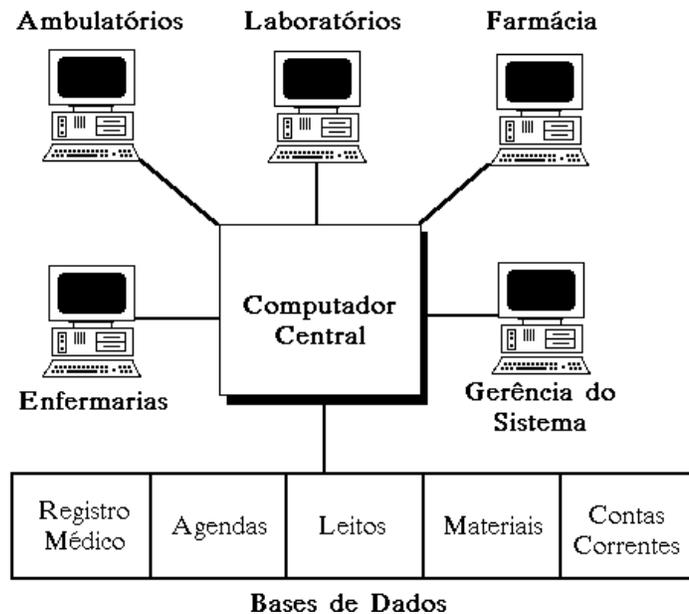


Figura (2.1) Computador centralizado em um hospital

Devido ao aumento na potência de processamento dos microcomputadores e à diminuição na relação preço/desempenho, mais e mais hospitais com menos de 200 leitos, nos países mais desenvolvidos, tem implantado sistemas descentralizados, ou distribuídos de informação hospitalar como esta mostrando na Figura (2.2) [JOHANSTON]. Esses sistemas se caracterizam por assumir tarefas locais de gerenciamento da informação (através de computadores departamentais, contendo programas dedicados para o laboratório de análises, para a farmácia, para o serviço de nutrição, radiologia etc.).

Esses sistemas podem operar tipicamente em modo *stand alone* (autônomo), o que significa que os dados podem ser acessados somente no departamento que lhes deu entrada. Para dar uma solução a este problema, os sistemas departamentais passam a ser integrados por um meio de um sistema global, ou rede de informação hospitalar. Assim, não perdem sua autonomia, tão prezada pelos administradores locais, em contrapartida, podem compartilhar seus dados com os de outros departamentos.

O fator mais importante no projeto de SIHs (principalmente se a implementação dos seus diversos módulos for gradativa) é o estabelecimento de uma interface de software eficiente.

Existem sempre uma ou mais maneiras viáveis de implementar as possibilidades apontadas até aqui, na maioria dos hospitais. A análise de viabilidade, realizada caso a caso, apontará a melhor mistura de hardware e software a ser utilizada, de acordo com a capacidade financeira e as prioridades estabelecidas pela direção do hospital.

Para um sistema de gerenciamento da farmácia, por exemplo, uma interface com o Sistema de Informação Hospitalar central permitirá o acesso ao registro do paciente, com suas requisições e prescrições de medicamentos. O sistema específico de gerenciamento da farmácia, por sua vez, terá funções específicas para prover informações sobre interações entre drogas, emitir relatórios estatísticos sobre utilização dos medicamentos estocados, gerenciar os estoques, etc. Finalmente, o envio de informação no sentido contrário é realizado quando o sistema da farmácia for capaz de atualizar automaticamente o prontuário dos pacientes quanto ao perfil de medicamentos consumidos.

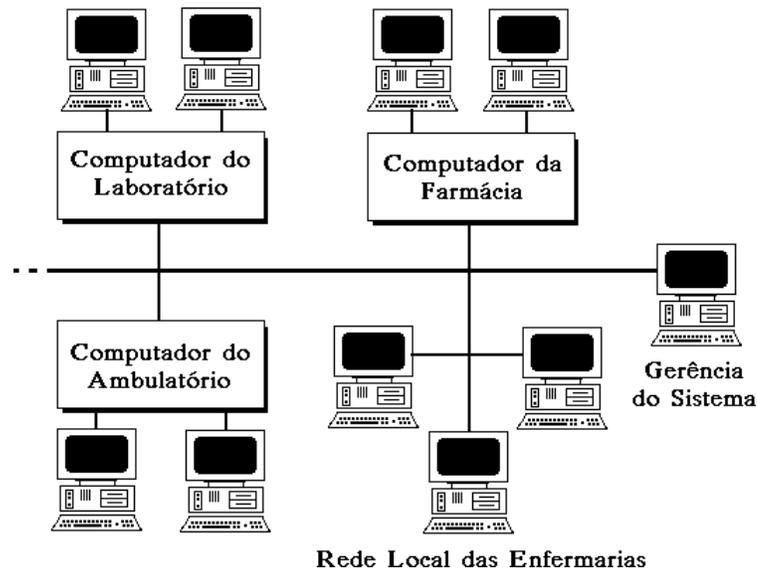


Figura (2.2) Rede distribuída de computadores

Alem do dois tipos da SIH mostrado acima, existir outra SIH chamada sistema modular que começou no início dos anos 70s. Ela surgiu para diminuição do preço do hardware e os melhoramentos do software de deixar praticável para departamentos individuais dentro de um hospital e operam seu próprio computador em um sistema modular, ou em algumas máquinas são dedicadas ao hospital. Os módulos de aplicação distintos do software realizam tarefas específicas e uma estrutura comum que seja especificada inicialmente, define as relações que permitirão que os dados sejam compartilhados entre os módulos.

## 2.4 Problemas e Soluções

Como que muitas das soluções propostas para a implementação prática de um SIH tem encontrado graus variáveis de sucesso. Não há, infelizmente, um consenso universal sobre qual é o melhor caminho a ser seguido, e muitos problemas ainda aguardam uma solução mais eficiente.

Um dos problemas a ser resolvido é o da facilidade e naturalidade da interação usuário-máquina. Para facilitar a interação usuário-máquina, seria interessante utilizar mais extensamente dispositivos alternativos de entrada, tais como telas sensíveis ao toque, canetas ópticas, etc.

Estações de trabalho mais "inteligentes" permitiriam uma interação mais efetiva e rápida, com um mínimo de treinamento formal.

Outro problema comumente encontrado em muitos SIH é que as informações sobre os pacientes são registradas nas áreas administrativas das estações de trabalho da enfermagem. Assim, a confirmação do cuidado dispensado ao paciente, conforme as ordens passadas pelo sistema, deve ser feita manualmente na ficha do paciente que está junto ao leito. Posteriormente, o procedimento ou resultado é registrado no sistema central. Isso representa uma duplicação desnecessária e indesejada de uma tarefa relativamente simples. Aumenta o potencial de erros de transcrição, bem como o retardo entre geração e registro da informação.

Muitos hospitais americanos já perceberam que, para eliminar esse problema, o ideal seria entrar com os dados do paciente, imediatamente junto ao seu leito. Assim, criou-se o conceito de terminal junto ao leito.

Podemos afirmar, no entanto, que apesar da queda de preços, e das vantagens oferecidas, essa é uma solução ainda muito cara para a maioria dos hospitais. Na impossibilidade de se colocar terminais junto a cada leito do hospital, uma boa solução parece ser o computador portátil (*notebook*) ou computador de mão (*Palm*) levado de leito em leito pela enfermeira encarregada das anotações médicas. Posteriormente, o micro portátil é conectado ao computador central através de um cabo simples, e transmite os dados armazenados durante a ronda.

Evidentemente o responsável pela implementação de um sistema de informação depara-se com a existência de várias soluções para o seu problema. A análise, respeitando a capacidade financeira e as prioridades estabelecidas pela direção do hospital, ditarão a arquitetura adequada e a melhor combinação de software e de hardware a ser utilizada. Neste âmbito salienta-se a solução que proporciona todas as potencialidades da internet, mas implementada localmente, por outras palavras, o desenvolvimento de uma intranet.

Apesar de não existir um consenso universal esta última solução é atualmente bem aceita por todos e, dada a sua relativa facilidade de implantação e principalmente a integração que permite, torna-as cada vez uma solução a considerar seriamente.

No caso do SIH do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU), utiliza uma arquitetura cliente-servidor, ou seja os médicos que querem acessar o hospital de casa tem que instalar um programa no computador (cliente) onde vai usar como uma espécie de identificação dos usuários que vão acessar o sistema (servidor). O acesso do hospital entre os departamentos é feito através de uma rede local (intranet) que possibilita acesso ao servidor das aplicações e de dados.

## **2.5 Conclusão**

Depois de apresentou os tipos dos sistemas de informações hospitalares, conclui-se que as preocupações dos sistemas são: baixar o custo, devido ao custo das informações hospitalares, levar sempre em consideração a melhoria da segurança e proporcionar acessibilidade adequada, entre outras. No próximo capítulo será abordado com detalhes o que é um UTI, funcionamento, conceitos e os tipos dos equipamentos que encontrar no UTI.

## **3. Unidade de Terapia Intensiva (UTI)**

### **3.1 Introdução**

O surgimento da prática em UTI marcou um dos maiores progressos obtidos pelos hospitais de nosso século, visto que, antes dela, o cuidado ao doente grave realizava-se nas próprias enfermarias, faltando, assim, área física adequada, recursos materiais e humanos para melhor qualidade desse cuidado.

### **3.2 O conceito de UTI**

A Unidade de Terapia Intensiva são áreas hospitalares destinadas a paciente em estado crítico, que necessitam de cuidados altamente complexos e controles estritos. A prática médica, no centro de tratamentos intensivos, tem por objetivo observar e manter as funções básicas da vida.

Os serviços de Terapia Intensiva não são apenas um serviço com equipamento especial implica numa atitude particular da equipe que ali trabalha. Uma atitude orientada para o aproveitamento das facilidades técnicas, em um contexto onde um relacionamento humano, que ofereça segurança e um efetivo apoio emocional, deve ser considerado como fator preponderante.

Podemos conceituar Unidade de Terapia Intensiva como uma área onde os pacientes em estado grave podem ser tratados por uma equipe qualificada, sob as melhores condições possíveis: centralização de esforços e coordenação de atividade [GOMES].

Com base no conceito geral de Unidade de Terapia Intensiva, podemos afirmar que é possível planejá-la e organizá-la em qualquer tipo de hospital, bastando para isso que haja um grupo inteiramente motivado e com o espírito voltado para os objetivos e finalidade da unidade [GOMES].

Em qualquer situação é o paciente o objetivo de uma unidade. A observação e manutenção das funções básicas de vida desse paciente são as finalidades da unidade, atingidas através de um atendimento em tempo hábil. A este atendimento une o ensino e a pesquisa, aliados a uma boa qualidade de assistência médica e de enfermagem [GOMES].

Para atender as exigências, as UTIs são projetadas, construídas e planejadas com especificações, para as pessoas que não estão na área de saúde.

### **3.3 Como projetar uma UTI**

Projetar uma UTI ou modificar uma unidade existente exige conhecimento das normas dos agentes reguladores, experiência dos profissionais de terapia intensiva, que estão familiarizados com as necessidades específicas da população de pacientes. Revisões periódicas devem ser consideradas na medida que a prática da terapia intensiva evolui [WEDEL].

O projeto deve ser abordado pôr um grupo multidisciplinar composto de diretor médico, enfermeiro chefe da UTI, arquiteto principal, administrador hospitalar e engenheiros. Esse grupo deve avaliar a demanda esperada da UTI baseado na avaliação dos pontos de fornecimento de seus pacientes, nos critérios de admissão e alta, e na taxa esperada de ocupação [PIERGEORGE].

É necessário análise dos recursos médicos, pessoal de suporte (enfermagem, fisioterapia, nutricionista, psicólogo e assistente social) e pela disponibilidade dos serviços de apoio (laboratório, radiologia, farmácia e outros) [TASK].

#### **3.3.1 PLANEJAMENTO DA ÁREA DE UMA UTI**

O Planejamento e projeto devem ser baseados em padrões de admissão de paciente, fluxo de visitantes e funcionários, e na necessidade de instalações de apoio (posto de enfermagem, armazenamento, parte burocrática, exigências administrativas e educacionais) e serviços que são peculiares à instituição individual em questão.

##### **3.3.1.1 Localização**

Cada UTI deve ser uma área geográfica distinta dentro do hospital, quando possível, com acesso controlado, sem trânsito para outros departamentos. Sua localização deve ter acesso direto e ser próxima de elevador, serviço de emergência, centro cirúrgico, sala de recuperação pós-anestésica, unidades intermediárias de terapia e serviço de laboratório e radiologia [GOMES].

### **3.3.1.2 Número de Leitos**

Os leitos necessários para fornecer uma cobertura segura e adequada para pacientes gravemente doentes num hospital, dependem da população do hospital, quantidade de cirurgias, grau do compromisso de cuidados intensivos pela administração do hospital, pelos médicos e enfermeiros, e dos recursos institucionais.

Um método empírico freqüentemente relatado é que um hospital geral deveria destinar 10% da capacidade de leitos para UTI [SCHWARTZ]. "Sugere que 15 a 20% de todos os pacientes precisam de cuidados intensivos" [RELMAN].

Uma UTI deve existir com no mínimo cinco leitos, em hospitais com capacidade para cem ou mais leitos. A instalação com menos de cinco leitos torna-se impraticável e extremamente onerosa, com rendimento insatisfatório em termos de atendimento. Estabelecimentos especializados em cirurgia, cardiologia e em emergência devem fazer cálculo específico [GOMES].

O ideal considerado do ponto de vista funcional, são oito a doze leitos por unidade. Caso se indique maior número de leitos, esta deve ser dividida em subunidades. Esta divisão proporciona maior eficiência de atendimento da equipe de trabalho [WEDEL] [GOMES].

### **3.3.1.3 Forma da Unidade**

A disposição dos leitos de UTI pode ser em área comum (tipo vigilância), quartos fechados ou mistos [GOMES].

A área comum proporciona observação contínua do paciente, é indicada a separação dos leitos por divisórias laváveis que proporcionam uma relativa privacidade dos pacientes.

As unidades com leitos dispostos em quartos fechados devem ser dotados de painéis de vidro para facilitar a observação dos pacientes. Unidades com quartos fechados proporcionam maior privacidade aos pacientes, redução do nível de ruído e possibilidade de isolamento dos pacientes infectados. A unidade mista combina os dois tipos de forma e tem sido adotada com bons resultados [GOMES].

### **3.3.2 ÁREA DE INTERNAÇÃO**

#### **3.3.2.1 Área de Pacientes**

Os pacientes devem ficar localizados de modo que a visualização seja possível durante todo o tempo, permitindo a monitoração do estado dos pacientes, sob as circunstâncias de rotina e de emergência. O projeto preferencial é aquele que permite uma linha direta de visão, entre o paciente e o posto de enfermagem [WEDEL] [GRUMET].

#### **3.3.2.2 Posto de Enfermagem**

O posto de enfermagem deve ser centralizado, no mínimo um para cada doze leitos e prover uma área confortável, de tamanho suficiente para acomodar todas as funções da equipe de trabalho, com dimensões de 64m<sup>2</sup> [WEDEL].

Espaço adequado para terminais de computador e impressoras é essencial quando forem utilizados sistemas informatizados. Deve ser previsto espaço adequado para se colocar os gráficos de registros médicos e de enfermagem. Os formulários de registro médicos e impressos devem estar armazenados em prateleiras ou armários de modo que possam ser facilmente acessados por todas as pessoas que requeiram o seu uso [WEDEL].

#### **3.3.2.3 Módulo de Pacientes**

Os módulos dos pacientes devem ser projetados para apoiar todas as funções necessárias de saúde. A área de cada leito deve ser suficiente para conter todos os equipamentos e permitir livre movimentação da equipe para atender às necessidades de terapia do paciente [WEDEL] [GOMES].

No projeto da UTI um ambiente que minimize o stress do paciente e dos funcionários deve ser planejado, incluindo iluminação natural e vista externa. As janelas são aspectos importantes de orientação sensorial e o maior número possível das salas deve ter janelas para indicação de dia/noite [HUDSON].

### 3.3.3 Equipamento

É regra geral que a escolha do equipamento para a unidade esteja diretamente ligada às características da mesma. Há uma necessidade real em se estabelecer adequação entre o equipamento a ser utilizado e as práticas desenvolvidas na unidade. Os organizadores e planejadores da unidade devem estar cientes de que o equipamento sempre assessora o pessoal que atua junto ao paciente, jamais o substituindo [GOMES].

Alguns pontos devem ser ressaltados, orientados à escolha do equipamento:

- Que seja de fácil operabilidade, eficiente e de utilidade comprovada;
- Que tenha assistência técnica contínua e eficaz;
- Que atinja as finalidades da unidade, oferecendo segurança na assistência ao paciente.

Um programa deve ser estabelecido para a manutenção preventiva de todo o equipamento, através de uma inspeção regular, de acordo com as especificações do fabricante.

Todo o equipamento deve ser mantido em condições de utilização imediata, podendo ser agrupado nas seguintes áreas:

Equipamento especializado, para atendimento de algumas patologias:

- Monitores cardíacos;
- Desfibrilador e Cardioversor;
- Marca-passo cardíaco;
- Respiradores de volume e pressão;
- Carro de emergência;
- Rim artificial.

Equipamento de apoio:

- Instrumental para pequena cirurgia;
- Agulhas de punção;
- Aparelho para dosagem de gases sanguíneos;
- Trocáter;
- Pacotes com material para curativos e cateterismos vesicais.

Equipamento geral:

- Foco portátil;
- Geladeira (para medicamento);
- Bomba de infusão;
- Extensões elétricas;
- Bolsas de água quente e gelo.

Equipamento ou material para consumo:

- Seringas e agulhas;
- Fios para sutura;
- Cateteres.

Suprimentos:

- Bacias;
- Comadres;
- Material para limpeza e desinfecção;
- Gazes, compressas e chumaços.

### 3.3.3.1 Alguns Tipos de Sensores e Monitores

São inúmeros modelos de sensores e monitores, foram escolhidos alguns para mera ilustração.

#### Os Sensores

Na Figura (3.1) abaixo ilustra os sensores da temperatura que foram desenvolvidos para o uso nos modelos mais comuns de monitores, das incubadoras, para cuidados intensivos, de colchões térmicos e de outros equipamentos que indicam ou controlam a temperatura. Mostra as especificações gerais deste tipo dos sensores:

TEMPERATURA 0°C a 60°C

PRECISÃO:  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  de 32°C a 42°C;  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  NO RESTO DA ESCALA

INTERCAMBILIDADE: 0,1°C de 0°C a 60°C

CONSTANTE DO TEMPO (Kt): DE 2 A 10 SEGUNDOS

EXTENSÃO DE CABO: 3 METROS



Figura (3.1) Sensores da temperatura

Na Figura (3.2) abaixo ilustra o Sensor *DT 189* que permite realizar um *ECG* (Eletrocardiograma). O eletrocardiograma é um gráfico obtido quando os potenciais de um campo elétrico com origem no coração são registrados à superfície do organismo.

O sensor é fornecido com um pacote que inclui 100 elétrodos de prata/cloreto de prata para colar à pele. O sensor é constituído por uma caixa em forma de ovo e por três fios com terminais em forma de crocodilo para ligação aos elétrodos. O circuito elétrico do sensor isola o utilizador da possibilidade de choque elétrico através dos seguintes meios:

- O sinal elétrico é transmitido através de um circuito opto-isolado.
- A alimentação do sensor é efetuada através de um transformador.
- O circuito elétrico protege contra sobre-voltagens acidentais até 4,000 Volts.

O Sensor *DT 189* tem como características: Gama: 0V a 5V; Resolução: 5mV; Ganho: 1mV de potencial elétrico humano por 1V na saída do sensor; Proteção contra sobrecarga até 4kV rms; Inclui 100 elétrodos.



Figura (3.2) Sensor DT 189 (Eletrocardiograma)

Na Figura (3.3) abaixo ilustra o *Dyna-Klock* é um medidor digital de pressão arterial, em formato de relógio de pulso, que registra os valores das pressões sistólica e diastólica e frequência cardíaca sob comando do usuário.

O sistema baseia-se no método oscilométrico e destina-se ao uso para acompanhamento médico ou domiciliar da pressão arterial. O *Dyna-klock* tem uma função de alarme que pode ser utilizada, por exemplo, para lembrar o paciente de tomar medicamentos. Podem ser armazenadas até 50 medições no aparelho e posteriormente analisadas pelo médico.



Figura (3.3) O Dyna-Klock

### Os monitores

Na Figura (3.4) abaixo ilustra o Oxímetro de pulso *MORIYA* é um monitor portátil operado a bateria e/ou rede elétrica, capaz de medir continuamente a saturação periférica de O<sub>2</sub> e a frequência cardíaca.

Apresenta curva pletismográfica com controle automático de ganho e posição na tela, barra indicadora da qualidade do sinal captado e mensagens de alarme. Possui display gráfico de alta visibilidade, retro-iluminado por lâmpada CCFL com controle digital de contraste. Dispõe de alarme (em diferentes tons de áudio e controle digital de volume), identificador de saturação insuficiente e desconexão do paciente.

A informação da condição de alarme é feita por mensagem direta, mostrando qual o limite e o valor ultrapassado com indicação simultânea de alarmes diferentes. Os ajustes são realizados

por meio de 5 menus que, através de ícones intuitivos, compõem um sistema amigável e de fácil aprendizado. Durante os ajustes, todos os valores numéricos, a curva pletismográfica, os alarmes e os seus indicadores permanecem na tela em tamanho reduzido.



Figura (3.4) Oxímetro de pulso M1000

O DX 2010 VÍDEO INTERNO LCD que está ilustrado na Figura (3.5) é um monitor de parâmetros fisiológicos com alta capacidade de monitoração para pacientes que requerem cuidados intensivos.

Sua arquitetura modular permite configurá-lo com uma gama variada de parâmetros fisiológicos para uso em situações como cuidados críticos, anestésicos ou de emergência (adulto, pediátrico ou neonatal).

#### **Características:**

- **Visualização** visor colorido de Cristal Líquido (LCD) de matriz ativa de alta resolução que facilita a leitura das curvas e valores numéricos, mesmo à distância.
- **Modularidade:** permite o compartilhamento, expansão e inovação dos recursos, além de proporcionar rapidez e facilidade na manutenção.
- **Parâmetros pré-configurados:** possibilita a pré-configuração de até cinco parâmetros internos (ECG, Respiração, Oximetria, Pressão não-invasiva e Temperatura), ampliando assim a capacidade de expansão modular.

- **Sistema de alarmes inteligentes:** minimiza a ocorrência de falsos alarmes e alerta o usuário sobre a gravidade da ocorrência, por meio de alarmes sonoros diferenciados e indicador luminoso exclusivo.
- **Transportável:** possui alça retrátil e bateria recarregável (opcional) que permitem o uso em transporte.
- **Documentação:** permite o registro gráfico ou numérico por meio de impressoras convencionais (local ou compartilhada).



Figura (3.5) O DX 2010 VÍDEO INTERNO LCD

O DX 2010 MOD que está ilustrada na Figura (3.6) é um monitor de parâmetros fisiológicos de grande capacidade para pacientes que requerem alto grau de monitoração.

#### Características:

- **Visualização:** possibilita a utilização de diversos tipos e tamanhos de monitor de vídeo colorido de alta definição para apresentação das curvas e parâmetros fisiológicos.
- **Interação com o usuário:** possui diversas interfaces para controle ou entrada de dados (teclado, controle remoto) que facilitam seu manuseio;
- **Integração:** possui interfaces padronizadas para equipamentos *Dixtal* e de outros fabricantes (monitores, equipamentos de ventilação, bombas de infusão etc.).
- **Monitoração avançada:** possui recursos avançados de cálculos e interpretação dos sinais auxiliando no diagnóstico.



Figura (3.6) O DX 2010 MOD

### **3.4 Conclusão**

Neste capítulo explicou-se como é uma UTI, sua descrição detalhada, conceitos, a sua planta física, equipamentos, alguns tipos de sensores e monitores que se utilizam na área médica. No próximo capítulo será abordado com detalhes os comportamentos dos sinais vitais e como é o funcionamento de cada um.

## **4. Sinais Vitais**

### **4.1 Introdução**

São chamados "Sinais Vitais", porque são imprescindíveis na avaliação do estado clínico do paciente. Devido à importância dos mesmos deve ser bem exata na sua verificação e anotação. Os sinais vitais mais importantes do paciente são: Temperatura, Frequência Cardíaca, Frequência Respiratória e Pressão Arterial (Sistólica e Diastólica). Eles devem ser verificados com exatidão para que o médico possa realizar um diagnóstico mais preciso.

### **4.2 Temperatura**

Os muitos dispositivos e técnicas sofisticados de monitoramento empregados em unidade de tratamento intensivo nos dias de hoje têm feito com que a temperatura seja relegada para um plano de relativa falta de importância no espírito de muitos. Não obstante, a temperatura continua sendo um sinal "vital" de grande importância no diagnóstico de muitas afecções, sendo essencial para a interpretação de outras manifestações, tais como cor e umidade da pele [HANNELORE].

Na assistência de enfermagem de pacientes criticamente enfermos, a temperatura assume particular interesse, porquanto o aumento de temperatura aumenta o consumo de oxigênio de modo significativo, da ordem de 15 % de acréscimo de consumo de oxigênio por 1°C de ascensão térmica [HANNELORE].

A temperatura oral normalmente situa-se entre 36,5°C e 37,5°C. Quando tomada em condições ótimas, a temperatura oral representa, provavelmente, o indicador mais acurado do estado térmico do organismo. Infelizmente, muitos fatores externos, tais como ingestão de líquidos quentes ou frios, afetam a acuidade dos valores térmicos assim medidos [MARIA].

A maioria dos pacientes criticamente enfermos, especialmente aqueles com desordens respiratórias, não conseguem respirar quando a boca é fechada. A inalação de aerossóis quentes ou frios e a administração de oxigênio imediatamente antes ou durante a tomada de temperatura oral, também são fontes de erro.

A temperatura retal é habitualmente  $0,5^{\circ}\text{C}$  mais elevada do que a temperatura oral; em pacientes criticamente enfermos, as temperaturas retais podem ser mais fidedignas do que as orais. Uma sonda retal pode ser inserida para monitoramento contínuo da temperatura, se necessário [HANNELORE].

A temperatura axilar pode ser obtida com segurança na maioria dos pacientes adultos, e é provavelmente acurada se tomada corretamente. A temperatura da pele nas extremidades é usualmente de 3 a  $9^{\circ}\text{C}$  mais baixa do que a temperatura interna do corpo. Leituras de temperatura da pele podem ser úteis no monitoramento contínuo da perfusão sanguínea do paciente. Vários tipos de monitores de temperatura cutânea são disponíveis para esse propósito, eles podem ser amarrados a um artelho, por exemplo, fornecendo um registro contínuo que indicará mudanças da perfusão do membro [HANNELORE].

## **4.2.1 Variações Normais de Temperatura**

### **A) Variação Diurna**

No indivíduo sadio, a temperatura do corpo mostra variações de 1 a  $1,5^{\circ}\text{C}$  no curso das 24 horas. A temperatura atinge seu mínimo entre as 4 e as 6 horas da madrugada e alcança valor máximo entre as 20 e as 22 horas. Essa variação diurna pode inverter-se nos idosos e nos que habitualmente trabalham de noite [MARIA].

### **B) Recém-Nascidos**

A regulação térmica em recém-nascidos é imperfeita e tende a alterar-se com mudanças de temperatura ambiente. Portanto eles devem ser protegidos de ambientes excessivamente quentes ou frios.

### **C) Crianças Pequenas**

A temperatura corporal de crianças muito novas pode ser algo mais alta que a do adulto, podendo subir a 37,7 °C durante as brincadeiras infantis comuns.

## **4.2.2 Variações Anormais de Temperatura**

Tem-se relatado a possibilidade de pessoas sobreviverem com temperaturas corporais extremamente baixas, da ordem de 16 °C, e extremamente altas, da ordem de 44,5 °C. Todavia, esses extremos raramente são vistos, e, quando encontrados, raramente são compatíveis com a vida.

### **A) Hipotermia**

Temperatura subnormal pode ser artificialmente induzida para a execução de vários procedimentos cirúrgicos, quando se espera um efeito benéfico da diminuição metabólica geral e do consumo de oxigênio. Também pode ser vista em pacientes que sofreram submersão ou exposição ao frio. Pode também se associar a condições em que o metabolismo está reduzindo, Por exemplo, choque, mixedema, anestesia [HANNELORE].

### **B) Hipertermia**

Entre as muitas causas de temperaturas acima do normal estão as seguintes:

- 1- Injúria súbita ao organismo. Exemplos são infarto do miocárdio ou cirurgia, que podem produzir leve ascensão térmica, até 38,3 °C.
- 2- Infecção. Infecção é a causa mais comum de febre. Caso não se sabia que o paciente tem uma doença infecciosa, uma elevação de temperatura a 38,3 °C ou mais demanda investigação cuidadosa.
- 3- Outras causas de febre incluem a administração de certas drogas, reações transfusionais.

### 4.3 Freqüência cardíaca

A freqüência cardíaca varia dependente da idade da pessoa, na Tabela (4.1) mostra os valores normais da freqüência cardíaca em várias idades.

Idade	Freqüência do pulso (em batimentos/min)
Recém-nascido	70 - 170
11 meses	80 - 160
2 anos	80 - 130
4 anos	80 - 120
6 anos	75 - 115
8 anos	70 - 110
10 anos	70 - 110
Adulto	60 - 100

Tabela (4.1) A Freqüência Cardíaca e A Idade da Pessoa

#### 4.3.1 O Ciclo Cardíaco

O período do início de um batimento cardíaco até o início do batimento seguinte é denominado de Ciclo cardíaco. O sangue flui de modo contínuo das grandes vasos para os átrios cerca de 75% fluem diretamente através dos átrios para os ventrículos antes mesmo que os átrios se contraíam. Ai, então, a contração atrial causa enchimento adicional dos ventrículos de ordem de 25% [AHLGREN].

O coração é constituído por duas bombas distintas: o coração direito, que bombeia o sangue para os pulmões, e o coração esquerdo que bombeia o sangue para a circulação sistêmica. Cada um desses corações distintos, por sua vez, é uma bomba pulsátil de duas câmaras compostas de um átrio e um ventrículo.

O átrio funciona principalmente como reservatório de sangue e como via de entrada do ventrículo, mas, também, bombeia fracamente para ajudar a levar o sangue até o ventrículo. O ventrículo, por sua vez, é a principal fonte de força que impulsiona o sangue para circulação pulmonar ou para a circulação sistêmica [GUYTON].

Estas câmaras contraem-se de maneira rítmica e desta forma fazem com que o sangue flua através delas. E estas contrações se dividem em dois períodos, que são a diástole que é um período de relaxamento no qual o coração se enche de sangue e a sístole quando o coração ejeta o sangue para as artérias. Ao conjunto de uma contração e um relaxamento chama-se ciclo cardíaco [GUYTON].

### **4.3.2 A Eficiência da Contração Cardíaca**

Durante a contração muscular, a maior parte da energia química é convertida em calor, e parte muito menor, em trabalho. A proporção entre o trabalho e o gasto de energia química é denominada "eficiência da contração cardíaca", ou simplesmente "eficiência do coração". A eficiência máxima do coração normal está entre 20 e 25%. Na insuficiência cardíaca, pode cair até para 5 a 10% [AHLGREN].

### **4.3.3 Regulação do Bombeamento Cardíaco**

A quantidade de sangue bombeada pelo coração a cada minuto é determinada pela intensidade do fluxo sangüíneo das veias para o coração, o que é denominado "retorno venoso". O coração bombeia automaticamente, este sangue que chega para as artérias sistêmicas, de modo que possa fluir novamente pelo circuito [DOWNIE].

### **4.3.4 Controle do Coração pelos Nervos Simpáticos e Parasimpáticos**

Uma forte estimulação simpática pode aumentar a frequência cardíaca de seres humanos para 200, em casos raros, até mesmo 250 batimentos por minuto, em pessoas jovens [DOWNIE].

Uma forte estimulação parasimpática (vagal), pode fazer cessar por alguns segundos os batimentos cardíacos, retornando com frequência de 20 a 30 batimentos por minuto. A forte estimulação parasimpática diminui se 20 a 30% a força de contração do coração. Podendo reduzir em até 50% ou mais o bombeamento ventricular, especialmente em grande carga de trabalho [DOWNIE].

### **4.3.5 Efeito da Frequência Cardíaca sobre a Função do Coração**

Após a frequência cardíaca elevar-se acima de um nível crítico, por exemplo, a força do próprio coração diminui, presumivelmente devido ao uso excessivo de substratos metabólicos pelos músculos cardíacos. Além disso, o período de diástole entre as contrações fica tão reduzido que o sangue não tem tempo para fluir adequadamente dos átrios para os ventrículos [DOWNIE].

Quando a frequência cardíaca é aumentada pela estimulação elétrica o coração tem sua capacidade máxima de bombear sangue na frequência entre 100 a 150 bpm. Mas se a frequência cardíaca for aumentada pelo estímulo simpático, ele fará o mesmo processo com a frequência entre 170 a 220 bpm.

A razão para esta diferença é que a estimulação simpática aumenta não só a frequência como também a força cardíaca. Ao mesmo tempo ela diminui a duração de contração sistólica e possibilita mais tempo para o enchimento durante a diástole.

## **4.4 Pressão Arterial**

### **4.4.1 O sistema circulatório**

O sangue retira o oxigênio dos pulmões recebido do ar que respiramos. Este sangue oxigenado entra no coração sendo depois bombeado para todas as partes do corpo por meio de vasos sanguíneos chamados artérias. Os grandes vasos sanguíneos se subdividem em vasos cada vez menores chegando a arteríolas microscópicas que vão formar pequenas redes de vasos sanguíneos conhecidos como capilares [GIORGI].

Esta rede de grande artérias, de arteríolas de tamanho médio e de pequenos capilares possibilitam que o sangue alcance todas as células do corpo, depositando seu oxigênio que é usado pelas células para produzir a energia de que necessitamos para sobreviver. Após depositar seu oxigênio nas células, o sangue desoxigenado volta ao coração pelas veias para ser bombeado de volta aos pulmões para receber, novamente, mais oxigênio [SILVA].

Durante cada batimento cardíaco, o músculo do coração se contrai para impulsionar o sangue pelo corpo. A pressão produzida pelo coração é mais alta quando ele se contrai para

impulsionar o sangue pelo corpo. A pressão produzida pelo coração é mais alta quando ele se contrai, o que é conhecido como pressão sistólica (maior valor). Quando o coração relaxa antes de sua próxima contração, a pressão está no seu nível mais baixo, é conhecida como pressão diastólica (valor mais baixo). Ambas as pressões, sistólicas e diastólicas, são medidas [SILVA].

Não é fácil definir a linha divisória entre uma pressão arterial normal ou anormal. Talvez a melhor definição seja o nível de pressão arterial acima do qual um tratamento seja necessário. Na Tabela (4.2) abaixo ilustra como é a efeitos da idade sobre a pressão arterial em mmHg.

IDADE EM ANOS	PRESSÃO ARTERIAL EM mmHG
Recém-nascido	Sistólica: 50 a 52 Diastólica: 25 a 30 Média: 30 a 40
3 anos	Sistólica: 78 a 114 Diastólica: 46 a 78
10 anos	Sistólica: 90 a 132 Diastólica: 56 a 86
16 anos	Sistólica: 104 a 108 Diastólica: 60 a 92
Adulto	Sistólica: 95 a 140 Diastólica: 60 a 90
Adulto idoso	Sistólica: 140 a 160 Diastólica: 70 a 90

Tabela (4.2) A Pressão Arterial e A Idade da Pessoa

#### 4.4.2 Medindo a pressão Sangüínea

A pressão arterial é a força que o fluxo sangüíneo exerce nas artérias. Através de sua medição, dois valores são registrados: o maior, quando o coração se contrai bombeando o sangue (pressão sistólica), e o inferior, quando o coração relaxa entre duas batidas cardíacas (pressão diastólica) [GIORGI].

Medir a pressão sangüínea é um procedimento simples, mas que merece alguns cuidados para assegurar a leitura correta. É comum realizá-la mais de uma vez durante uma consulta médica para tirar uma média e obter um valor mais realista [GIORGI].

Se a pressão alta for detectada na primeira medição, normalmente o médico faz outras leituras em outros dias para confirmar o valor. Uma vez determinada a pressão arterial, conclui-se por valores normais ou elevados, isto é, qualifica o indivíduo em normotenso ou hipertenso.

De acordo com seus valores especialmente quando elevados, implica em seu controle e portanto novas medições periódicas. Recomenda-se que a pressão seja medida pelo menos uma vez ao ano para os indivíduos normotensos e sadios.

#### **4.4.2.1 Como se mede a pressão sangüínea**

Para medir a pressão, o médico usa um aparelho chamado esfigmomanômetro e um estetoscópio. O manguito do esfigmomanômetro é colocado em volta do braço e inflado com ar até que a circulação sangüínea na artéria seja interrompida temporariamente. Abre-se uma válvula lentamente para liberar um pouco de ar do manguito e assim restabelecer a circulação sangüínea [SILVA].

Usando o estetoscópio, o médico ouve o som do sangue fluindo na artéria na face interior do braço, na altura do cotovelo. O primeiro som que se ouve é o do coração bombeando sangue e nesse instante, o valor da pressão sangüínea atinge o máximo e é chamada de pressão sistólica.

Mais ar é liberado do manguito lentamente e quando não se ouve mais o som do batimento cardíaco, o coração está em repouso a pressão nesse momento atinge o mínimo e é chamada de pressão diastólica.

#### **4.4.2.2 Quais são os cuidados necessários ao medir a pressão sangüínea**

Diversos fatores afetam a pressão sangüínea e para que medidas corretas sejam obtidas, é necessário fazer a leitura da pressão tomando-se alguns cuidados iniciais:

- Aparelho devidamente calibrado e manguito adequado ao diâmetro do braço;

- Pressão deve ser medida após um breve repouso (5 minutos sentado ou deitado), pois a atividade física interfere na pressão sanguínea da pessoa;
- Manter o braço à altura do átrio esquerdo.

#### **4.4.3 Pressão sanguínea sistólica**

A medição de pressão arterial envolve o registro dos níveis mais altos (sistólicos) e mais baixos (diastólicos), sendo assim, o registro é composto de dois conjuntos de números. Convencionalmente, a pressão arterial é expressa com a pressão sistólica sobre a pressão diastólica, por exemplo, 140/94mmHg (milímetros de mercúrio).

A importância relativa das pressões arteriais sistólicas ou diastólicas já foi objeto de numerosas pesquisas. Na verdade, ao contrário do que se pensa, na maioria das pessoas, uma vez acima dos 40 anos, a pressão sistólica é mais importante do que a diastólica no caso de previsão quanto a aparecimento de uma doença cardíaca. O problema é que a pressão arterial sistólica das pessoas, e em especial a dos idosos, varia consideravelmente [SILVA].

Ao se tratar a pressão alta, o objetivo é a redução de todos os fatores de risco de doenças cardíacas, tais como o fumo, altos níveis de colesterol, etc., e tentar manter a pressão arterial abaixo de 140/90 mmHg. [SILVA].

#### **4.5 Saturação do Oxigênio**

A frequência respiratória é um sinal vital, mas a sua contagem apresenta dificuldades tecnológicas. Por outro lado a oximetria traz uma monitoração não invasiva de forma confiável, além de facilidade tecnológica por isso nesse modelo foi decidido utilizar essa metodologia.

##### **4.5.1 Saturação parcial de oxigênio no sangue arterial (SpO<sub>2</sub>)**

Esta consiste na medida direta da concentração de O<sub>2</sub> numa amostra de sangue, colhida anaerobicamente, de uma artéria periférica. Sua interpretação é imediata. O paciente deve ser mantido com uma taxa suficiente para que tenha uma saturação adequada da hemoglobina [NELSON].

Assim, o ideal seria manter uma pressão parcial de oxigênio (PaO<sub>2</sub>) por volta de 80 mmHg que garanta uma saturação superior a 95%. Como o paciente em ventilação mecânica está sujeito a mudanças freqüentes na fração de O<sub>2</sub> no ar inspirado, as comparações da SpO<sub>2</sub>, para definirmos se o quadro pulmonar está ou não melhorando, ficam muitas vezes difíceis [NELSON].

Dessa forma, no momento o índice de oxigenação mais aceita é a relação PaO<sub>2</sub> corrigida para a fração inspirada de oxigênio (FiO<sub>2</sub>) utilizada. Esse é um índice extremamente simples e de fácil obtenção e que pode ser aplicado em qualquer serviço. Por exemplo: para um indivíduo normal o limite esperado para a PaO<sub>2</sub> seria 80 mmHg (em ar ambiente), assim, a relação seria cerca de 400 [NELSON]. Isso é inspirando ar ambiente, que contém 21% de oxigênio, assim o valor de FiO<sub>2</sub> = 0,21.

O limite para caracterizar uma insuficiência respiratória grave seria uma PaO<sub>2</sub> de 60 mmHg com FIO<sub>2</sub> de 21% ou 0,21. Portanto, uma relação inferior a 300 caracterizaria a gravidade da disfunção pulmonar. Essa relação (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>), usada no consenso americano/europeu (1994), serve para diferenciar dano alveolar difuso da síndrome do desconforto respiratório agudo. Que pode ser usada para diferenciar os tipos diferentes de insuficiência respiratória.

A falha da insuficiência respiratória é sugerida pelos valores PaO<sub>2</sub> menos de 50 mmHg no ar respirando pelo paciente do quarto ou em um PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> mais ou menos de 250 [SHOEMAKER].

Quando, o paciente doente é dado o oxigênio suplementar pela máscara ou pelo nasal. Estas medidas não melhoram os valores do gás de sangue, a ventilação mecânica deve ser considerada antes que PaO<sub>2</sub> ficar menos de 60 mmHg. Entretanto, os pacientes com insuficiência respiratória crônica podem tolerar valores muito baixos do gás de sangue e não requer a ventilação mecânica [SHOEMAKER].

#### **4.5.2 OXIMETRIA DE PULSO**

Consiste na avaliação da porcentagem de saturação hemoglobina pelo oxigênio (SpO<sub>2</sub>). Esse método usa os princípios da espectrofotometria (absorção de luz num comprimento de onda

específico) para fornecimento dos resultados. É uma técnica bastante útil e que vem sendo cada vez mais aplicada, pois, não é invasiva, fornece informações continuamente e o seu preço vem se tornando bastante acessível nos últimos anos.

Tem uma excelente correlação com os resultados obtidos através da gasimetria arterial, mesmo em situações de hipotermia, débito cardíaco baixo e hipotensão arterial. Porém, em condições que levam à queda da saturação (SpO<sub>2</sub>), principalmente abaixo de 75%, os dados fornecidos podem ser anormalmente mais altos. Assim, considera-se que a acurácia dos oxímetros de pulso é ruim abaixo de 80% de saturação (SpO<sub>2</sub>) [NELSON].

Acima de 90% depende do aparelho que se está utilizando, em termos de segurança, a variabilidade das medidas (limites de confiança dos vários sistemas disponíveis) é de no máximo 4%. Portanto podemos acreditar que se o nosso paciente mantiver uma oximetria acima de 95%, ele deve estar com uma PaO<sub>2</sub> acima de 60 mmHg.

## **4.6 Conclusão**

Neste capítulo apresentou os sinais vitais mais importantes na avaliação de estado clínicos do paciente, as medidas delas, como são tratado o sinal vital, e a importância dos sinais na avaliação dos pacientes na UTI. No próximo capítulo será apresentado o estado da arte da tese.

## **5. Estado da Arte**

### **5.1 Introdução**

Neste capítulo se realiza um breve estudo sobre alguns modelos existentes para o monitoramento de sinais vitais remotamente. É feita uma análise de alguns métodos e técnicas que se aplicam na atualidade, buscando desta maneira, contextualizar estes modelos com o modelo proposto.

### **5.2 O Sistema de Monitoração Médico Móvel baseado na Web apresentado pela University College of London**

O Sistema de Monitoração Médico Móvel baseado na Web, apresentado por *J.K. Pollard, S. Rohman and M.E. Fry* integrantes da *University College London*, [POLLARD] é um sistema de monitoração médica automático, que possui controle descentralizado e armazenagem de dados centralizada procurando focar-se no atendimento das necessidades do paciente. O sistema de aquisição de dados é feito com transdutores móveis, utilizando transceivers de comunicação que estão inseridos em um módulo microcontrolado acoplado ao paciente, permitindo monitorar os pacientes em movimento. Este modelo permite o monitoramento contínuo do paciente, quando requerido, e emite alarmes, de acordo com parâmetros configurados pelo *staff* médico segundo a condição do paciente. A Figura (5.1) apresenta o diagrama em blocos do modelo.

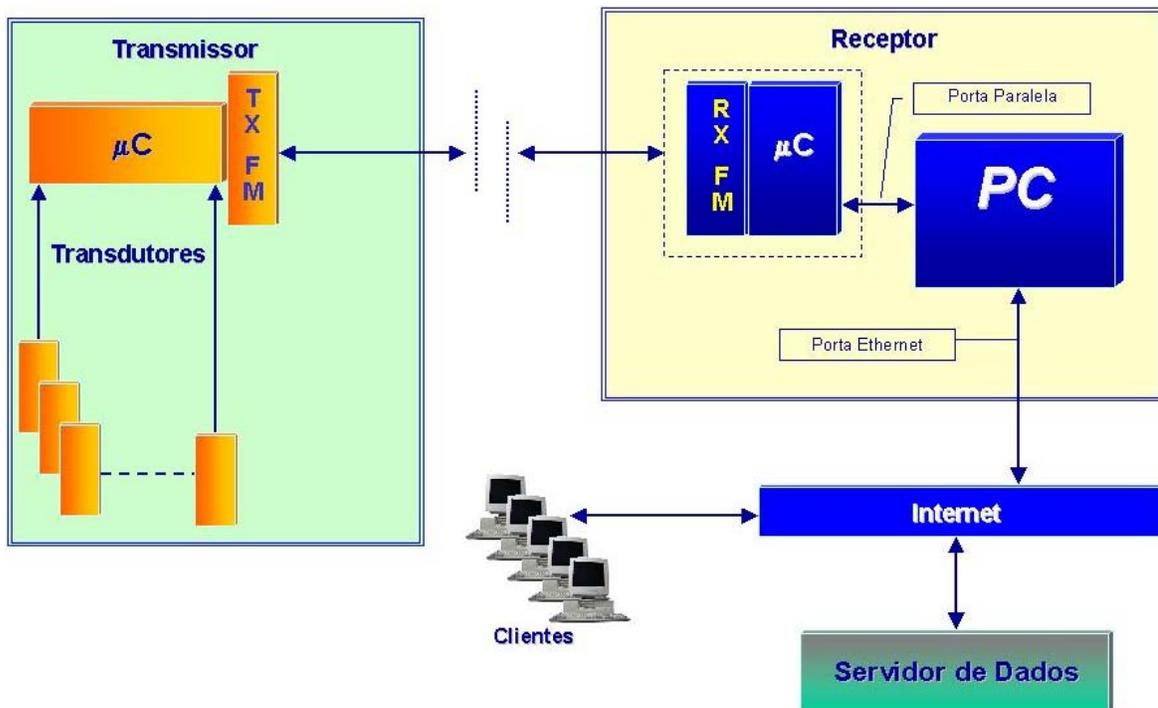


Figura (5.1) Modelo apresentado pela University College of London

O modelo apresentado é composto de três módulos distintos, o módulo transmissor que é composto de hardware específico que é implementado sobre transdutores, um microcontrolador, conversor AD e circuito de transmissão em FM, de um módulo receptor que contém um dispositivo acoplado à porta paralela de um microcomputador compatível com IBM-PC, este dispositivo dispõe de um receptor para FM, microcontrolador e conversor serial/paralelo. O terceiro módulo consiste de um microcomputador que tem implementado um servidor de dados e aplicações que permite o acesso remoto, via Internet, aos dados.

### 5.3 A monitoração em tempo real dos pacientes em locais remotos apresentados pela faculdade da medicina de Kon-Kuk, Korea.

O modelo apresentado está estruturado em três módulos básicos denominados: *Monitoring Information Service (MIS)*, *Vital Sign Monitoring Service (VSMS)* e o *Multimedia Consulting Service (MCS)* [PARK]. Estes módulos possibilitam o monitoramento de sinais vitais do paciente através de monitores de eletrocardiograma (ECG), saturação parcial de oxigênio

(SpO2), pressão arterial invasiva (IBP) e pressão arterial não invasiva (NIBP) conectados a um microcomputador PC compatível na residência do paciente.

Este microcomputador necessariamente deverá estar conectado à Internet, e dispor de endereço IP válido. Também é necessário que este microcomputador disponha de recursos multimídia (câmera para Web, microfone e caixas de som) para que o paciente possa interagir com o médico. O *staff* médico deverá dispor de microcomputador, para estação de trabalho, com as mesmas características do disponível para paciente, para que possa interagir com este.

O modelo que esta mostrada na Figura (5.2) também apresenta um servidor de dados e aplicações, o *MIS Server*, que dispõe de informações cadastrais dos pacientes, registros dos sinais vitais monitorados dos pacientes e dados históricos que podem ser acessados, via *browser*, pelo *staff* médico, paciente e outros habilitados para tal. Também permite o monitoramento em tempo real através de um módulo denominado VSMS que requer que um equipamento de aquisição de sinais vitais esteja naquele instante conectado ao microcomputador no local onde está localizado o paciente.

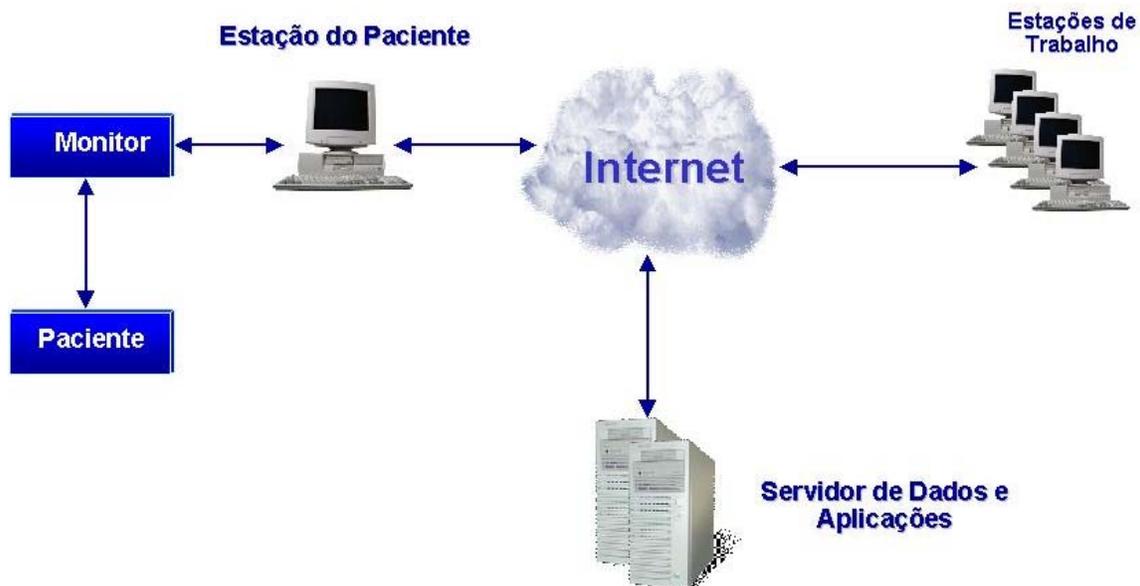


Figura (5.2) Monitoração em tempo real dos pacientes em locais remotos

## 5.4 vMon-mobile

O *vMon-mobile* é uma experiência na integração de monitores de sinais vitais ao prontuário eletrônico do Instituto de Coração (Incor), utilizando tecnologia de redes sem fios (3 *Com AirConnect*) baseada no protocolo IEEE 802.11b, apresentado por Marina Rebelo, Pedro Paulo Oliveira, Marco Antonio Gutierrez, Paulo Pilon e Umberto Tachinardi, integrantes do Serviço de Informática, Instituto do Coração (InCor) HCFMUSP, Brasil [REBELO]. Apresenta o desenvolvimento de um sistema para integração e visualização de sinais de monitores de beira de leito ao prontuário eletrônico do InCor. A rede de monitores se comunica com a Intranet do InCor através de mensagens HL7 (é um tipo da linguagem de programação) utilizado por equipamentos *Siemens* e que possui a capacidade de exportar os sinais vitais em tempo real.

A rede de monitores instalada no InCor é baseada em monitores *Siemens* que operam em uma sub-rede própria com capacidade de troca de mensagens utilizando o HL7. A comunicação entre a sub-rede de monitores e a rede do Hospital é feita através de um *gateway* utilizando HL7. No computador que atua como *gateway* está instalado um servidor HL7, que recebe e envia mensagens de e para o sistema de monitorização. Quando recebe uma mensagem cuja resposta necessita de informações do Sistema de Informações, o servidor realiza uma consulta no Banco de dados Institucional, e os resultados são transmitidos aos monitores através HL7. a sistema possibilita a adição de novas funcionalidades como o envio de informações via e-mail, celular ou Pager. Na Figura (5.3) são apresentados os principais elementos envolvidos no processo de integração.

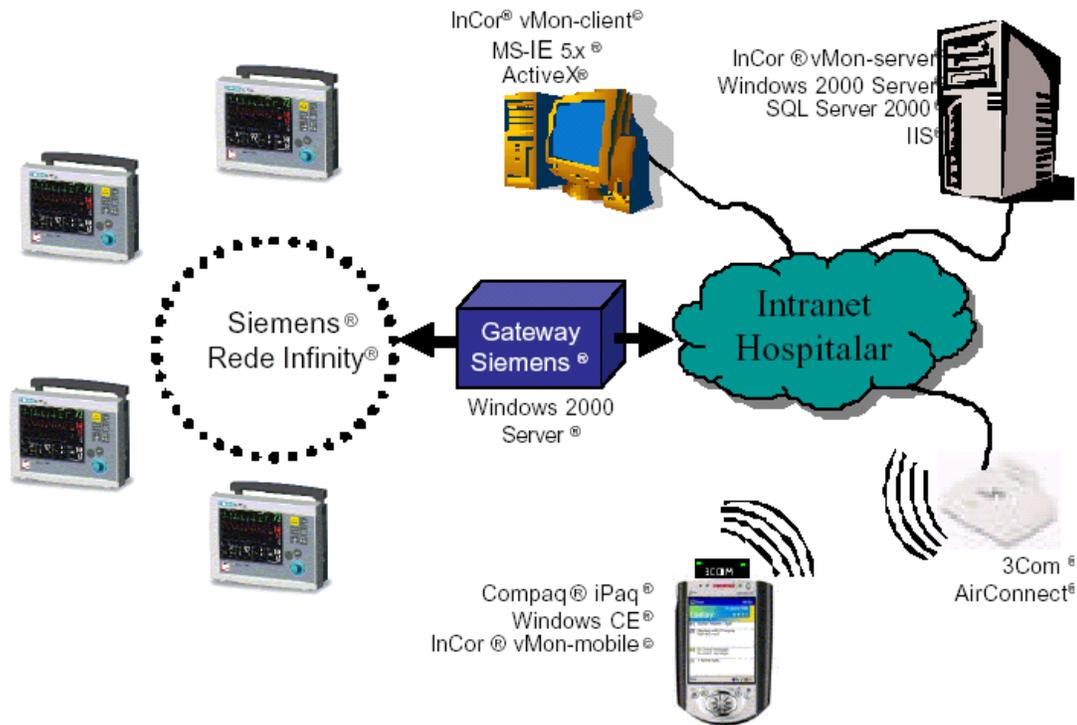


Figura (5.3) Esquema de funcionamento do vMon-mobile.

## 5.5 Considerações e comparações sobre os modelos apresentados

O Sistema de Monitoração Médico Móvel baseado na Web, apresentado por *J.K. Pollard, S. Rohman and M.E. Fry* integrantes da *University College of London*, apresenta como ponto forte em sua implementação a possibilidade de monitoramento dos sinais vitais com o paciente em movimento. Por outro lado apresenta algumas desvantagens em sua implementação a relação o custo:

- Exige um microcomputador dedicado para cada receptor conectado a um paciente;
- Utiliza dois dispositivos microcontrolados (receptor e transmissor) para cada paciente;
- A comunicação do receptor ao microcomputador é efetuada através da porta paralela, LPT1;
- A comunicação entre transmissor e receptor é feita com transmissor e receptor de FM.

Sobre o modelo acima referido este apresenta um custo elevado, devido à utilização dos dispositivos microcontrolados, transdutores e transceivers desenvolvidos especificamente para este fim além da utilização necessária de um microcomputador, com suporte a rede local, por paciente monitorado, representando um custo elevado por terminal.

A monitoração em tempo real dos pacientes em locais remotos apresentados pela faculdade da medicina de Kon-Kuk, Korea, apresenta a inovação de proporcionar o contato do médico com o paciente através da utilização de recursos multimídia, o fato de o médico estar face-a-face com o paciente é um fator positivo. O sistema tem uma atuação mais gerencial, pois procura manter registros e informações cadastrais dos pacientes. Como ponto negativo também pode ser citado o investimento em hardware que deverá ser efetuado uma vez que é necessário instalar microcomputador, com recursos multimídia, para permitir o monitoramento do paciente, o que eleva o custo da implementação.

O *vMon-mobile* desenvolvido para o Instituto de Coração (Incor) esta implementado em rede baseada em monitores *Siemens* que operam com seus próprios protocolos. As vantagens da implementação se apresentam aqueles que utilizam os equipamentos *Siemens*, pois a empresa disponibiliza bibliotecas e o suporte necessário ao desenvolvimento do software aplicativo. A principal desvantagem apresentada é a utilização de plataforma proprietária, que normalmente apresenta custos elevados e dependência tecnológica.

## **5.6 Conclusão**

Neste capítulo apresenta alguns modelos de pesquisa na área da monitoração existência no Brasil e no mundo, feita uma comparação entre os modelos e apresenta as vantagem e desvantagem de cada um para saber a viabilidade do nos trabalho. No próximo capítulo será apresentado o modelo proposto do trabalho.

## **6. O Modelo Proposto**

### **6.1 Introdução**

A tecnologia de sistemas embutidos para Internet é uma das tendências atuais. Estes dispositivos permitem o controle e monitoramento via Internet. Atualmente, equipamentos como impressoras, roteadores, câmeras entre outros dispõem desta facilidade, permitindo, então, fácil configuração e disponibilidade de informações sobre seu estado e operações. A Internet oferece padronização, um ambiente familiar e custo relativamente baixo. A tecnologia dos sistemas embutidos para a Internet apresenta muitas vantagens ao equipamento permitindo que este seja controlado e monitorado.

### **6.2 Apresentação**

O modelo apresentado em sua concepção básica é composto por equipamentos médicos para o monitoramento de sinais, dispositivos autônomos de armazenamento temporário e visualização dos dados denominados Micro Servidores Web (MSW) e servidores de aplicações e dados para armazenamento definitivo dos dados e visualização dos mesmos através de aplicações específicas. É importante destacar que o sistema pode incluir mais de um MSW para o monitoramento de múltiplos pacientes, como apresentado na Figura (6.1).

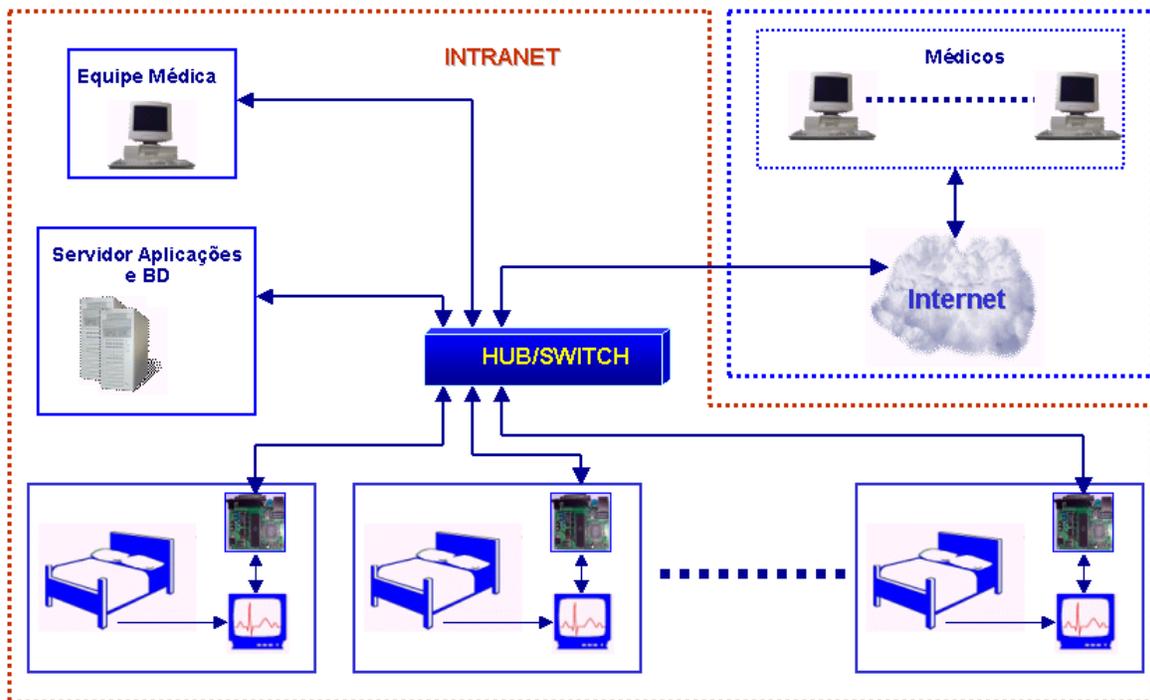


Figura (6.1) O Modelo Proposto

A implementação para validação do modelo proposto consiste em conjunto integrado de software e hardware para possibilitar o monitoramento de sinais vitais de pacientes em UTI (Unidade de Tratamento Intensivo), através da Web, utilizando a tecnologia de Micro Servidor Web conectados a equipamentos médicos utilizados no monitoramento de sinais vitais. A coleta das informações é efetuada pelos sensores instalados em equipamentos médicos de monitoramento e disponibilizadas pelo Micro Servidor Web (MSW), quer armazenando-as temporariamente ou até o seu armazenamento em um servidor central.

O fluxo de dados (aquisição/distribuição) é amparado na arquitetura cliente/servidor, e no protocolo de comunicação de dados HTTP, fatores estes de relevante importância no que se refere à agilidade e segurança das informações. Um fator a se destacar na implementação é que todas as ferramentas utilizadas na implementação desta aplicação são de uso livre, e por consequência não oneram o projeto. A Figura (6.2) apresenta o modelo da Implementação.

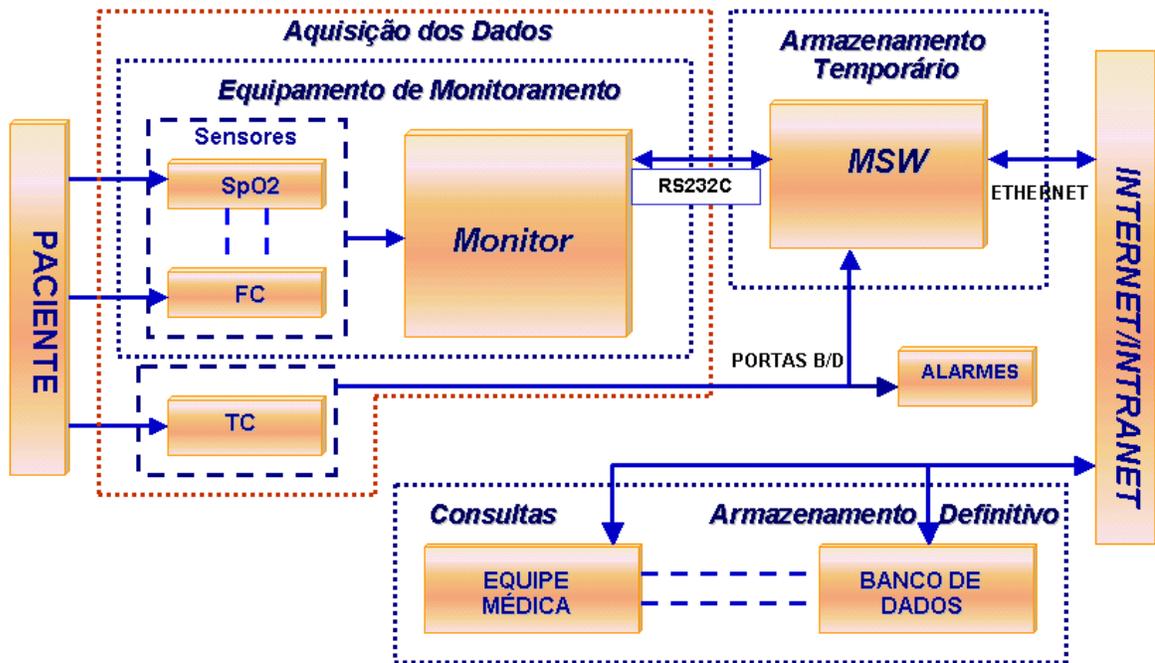


Figura (6.2) Modelo da Implementação

Um modelo baseado em dispositivos com Internet embutida apresenta muitas vantagens, uma delas, é permitir que um dispositivo, em nosso caso um equipamento médico de monitoramento de sinais vitais, possa ser remotamente acessado, e, além disso, ter o seu uso facilitado pela Internet.

Um dispositivo habilitado pela Web possibilita o uso de capacidades que até então não seriam possíveis para um dispositivo único e isolado, por exemplo, o quadro atual de monitoramento de parâmetros e sinais vitais em UTI é feito manualmente, ou seja, a equipe médica em períodos determinados coleta as informações dos pacientes, nos equipamentos e transcreve-as em planilhas o que pode ocasionar erros nas transcrições, perdas de dados por descuido entre outros motivos.

Outra vantagem é o uso da Internet como meio facilitador e portador de uma rede que utiliza padrões e protocolos que são já extensamente usados e aceitos, por exemplo, o TCP/IP, reduzindo o tempo de desenvolvimento, pois tudo o que se refere à conectividade já está em seu lugar. Atualmente o foco da Internet começa a trocar da conectividade baseada em PC para

conectividade baseada em outros dispositivos, daí a opção pelo uso de Micro Servidores Web na implementação pois estes são dispositivos flexíveis e de baixo custo.

### **6.3 Arquitetura Cliente-Servidor**

A arquitetura cliente-servidor surgiu como uma consequência da microinformática e se caracteriza pela facilidade de acesso às informações e pela possibilidade da distribuição de dados e de processamento. Enquanto nos computadores de grande porte (*mainframe*) os dados estão alocados em um computador central, que funciona como servidor, ao qual estão interligados os terminais ou redes, no ambiente cliente-servidor os dados ficam disponíveis em vários servidores, ligados em rede e priorizando a sua disponibilidade.

Com o aumento do poder de processamento dos microcomputadores, os fabricantes de programas para micros começaram a desenvolver banco de redes cada vez mais poderosos, sistemas operacionais mais rápidos e flexíveis, redes locais (*LANS - Local Area Networks*) e redes amplas (*WANS - Wide Area Networks*).

Esta arquitetura mostrou-se mais flexível devido à utilização dos micros em rede, cada vez mais complexos e versáteis, compartilhando recursos de cada uma das máquinas. O rápido crescimento e a popularização da internet acarretaram uma série de modificações na relação cliente/servidor.

A principal foi à transformação dos Sites de estrutura estática, baseada somente na linguagem HTML, para os Websites dinâmicos. Nestes os usuários possui maior autonomia, e as páginas são interativas, ou seja, são montadas a partir das ações (requisições) do usuário. Isso só foi possível graças à introdução das técnicas de elaboração de scripts do lado servidor.

## 6.4 A definição do hardware

### 6.4.1 Escolha do Micro Servidor Web

A escolha do hardware é de relevante importância dentro do contexto geral do projeto, quando da busca de um custo ideal, e que permita desta forma, a utilização ampla do modelo, entretanto não seria adequado apresentar uma solução que se destaque pelo custo, mas que não apresente as exigências para as quais foi desenvolvida, ou seja, a agilidade com a qual as informações estarão disponíveis, bem como as qualidades das mesmas, que são reflexos do bom desempenho do hardware.

A opção pelo MSW, desenvolvido no RExLab (Laboratório de Experimentação Remota) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pode ser melhor compreendida em uma leitura de “Monitoramento, aquisição e controle de sinais elétricos, via Web, utilizando microcontroladores”, [BENTO]. Além de suas características técnicas, que oferecem condições satisfatórias para o bom desempenho e conectividade da aplicação, o fato de ser a alternativa de menor custo comparado aos demais pesquisados, o MSW tem um custo de montagem de aproximadamente US\$ 30,00, aliado à disponibilidade de informações a respeito do mesmo, foram fatores determinantes na escolha.

Antes de definir a utilização do MSW na implementação foram analisadas algumas opções para este tipo de dispositivo, existentes no mercado, a Tabela (6.1) mostra uma comparação de alguns Servidores Web embutidos disponíveis pelas diversas empresas existentes na área. A comparação dos protocolos de rede suportados, dos meios de conectividade à Internet, e o custo são apresentados. Quando é comparado o aspecto memória se refere à de programa para armazenar o software do lado servidor, e também memória reservada para o armazenamento de elementos do lado cliente, ou seja, páginas Web, imagens e *applets* Java, quanto às dimensões físicas foram todos considerados pequenos.

A partir dos dados obtidos, observando as características desejadas e também o preço de compra dos diversos modelos analisados foi possível modelar a implementação objeto desta tese [BENTO].

	<b>NetBurner</b>	<b>RabbitCore RCM2000</b>	<b>PicoWeb</b>	<b>Ethernut</b>	<b>MSW</b>	<b>AVR</b>
<b>Protocolos Suportados</b>	TCP/IP Stack	TCP/IP Stack	TCP/IP Stack	TCP/IP Stack	TCP/IP	TCP/IP Stack
	ARP	FTP	POP3	ARP	POP3	ARP
	DHCP	SMTP	HTTP	DHCP	HTTP	DHCP
	BOOTP	TFTP	SMTP	UDP	SMTP	UDP
	HTTP	http		POP3	UDP	POP4
	ICMP	ICMP		HTTP		HTTP
	IGMP			ICMP		ICMP
	POP3			SMTP		SMTP
	PPP					
	Telnet					
	SMTP					
SNMP						
<b>Conectividade</b>	10BaseT	10BaseT	10BaseT	10BaseT	10BaseT	10BaseT
	Ethernet	Ethernet	Ethernet		Ethernet	
	Modem					
<b>Memória</b>	512KB-flash	256KB-flash	32KB EEPROM	128KB-Flash	64KB EEPROM	128KB-Flash
	8K Eeprom	128KB SRAM				
<b>Interface Serial</b>	Sim (2)	Sim(3)	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Custo</b>	<b>US\$ 499-995</b>	<b>US\$ 199</b>	<b>US\$ 75</b>	<b>US\$ 300</b>	<b>US\$ 29.94</b>	<b>US\$ 290</b>

Tabela (6.1) Comparando entre os vários servidores Web embutidos

#### 6.4.2 Tipos de equipamentos médicos para monitoramento

Estão disponíveis atualmente no mercado de equipamentos médicos para monitoramento de sinais vitais um quantidade expressiva de tipos de equipamentos para as mais diversas aplicações e valores. Existem equipamentos com as facilidades de Internet embutida neles,

porém, geralmente apresentam tecnologias proprietárias e/ou custos de aquisição elevados. O modelo aqui apresentado procurou centralizar-se em monitores de sinais vitais convencionais e de baixo custo pois estes não apresentam as facilidades de Internet embutida, aumentando a funcionalidade destes.

A possibilidade de conexão à Internet embutida em equipamentos convencionais traz vantagens no monitoramento e controle com custos relativamente baixos, utilizando uma interface familiar para os usuários e com um alto grau de padronização.

Um modelo com características desejáveis para a implementação do modelo apresentado é o monitor de sinais vitais Dixtal 2405 que possibilita o monitoramento dos seguintes parâmetros: saturação parcial do oxigênio (SpO<sub>2</sub>), frequência cardíaca (FC) e também por ser acessível para que poder fazer os testes com o MSW.

A seguir mostra alguns monitores entre outros que pode ser utilizados pelo modelo. Estão disponíveis no mercado uma grande variedade de tipos e modelos de equipamentos para monitoramento de sinais vitais nos mais variados formatos, características e preços.

O *CAPNOGARD* que está apresentado na Figura (6.3) é um monitor de pouco peso, portátil que verifique a informação crítica da ventilação e da oxigenação no ajuste virtualmente clínico de transporte do hospital da emergência à monitoração contínua no (UTI). Utiliza o sensor *mainstream* do Carbono no oxigênio (CO<sub>2</sub>) de *CAPNOSTAT*, este monitor contém uma porta de comunicação serial padrão RS232C.



Figura (6.3) *Capnograph* Monitor da *Novamatrix*

Este tipo de monitores utiliza a tecnologia de *Novamatrix* que esta ilustrado na Figura (6.4). Este monitor de pouco peso, portátil, é ideal para o uso no (UTI), no laboratório vascular, no cuidado da ferida, ou no laboratório do sono, ele fornece a medida contínua do (CO<sub>2</sub>) e (O<sub>2</sub>).



Figura (6.4) *Transcutaneous* Monitor da *Novamatrix*

Este tipo de monitor que esta apresentado na Figura (6.5) marca Atlas, fabricado pela empresa *Welch-Allyn* possibilita o monitoramento dos seguintes parâmetros: saturação parcial do oxigênio (SpO<sub>2</sub>), frequência cardíaca (FC), pressão arterial não invasiva (sistólica, diastólica) e dispõe de porta de comunicação serial, padrão RS232C, que permite a conexão com outros dispositivos .

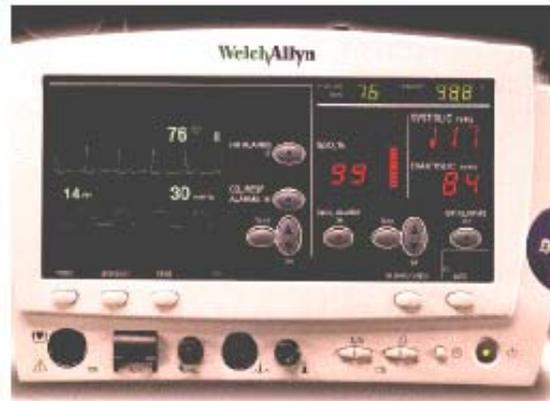


Figura (6.5) Monitor de sinais vitais Atlas

A relação o preço dos equipamentos, este tipo pode ser aproveitado pelo modelo, mas o custo dele é muito caro, foi feita uma pesquisa de orçamento de central de monitoração numa empresa do Estado da Santa Catarina e foi consultado que para aquisição de um Central de Monitoração e Monitores Multiparâmetros da mesma marca *WELCH ALLYN*, observa-se que o custo é muito elevado, como este abaixo descrito:

- Central de Monitoração para (8) leitos de monitoração. Preço unitário: R\$ 36.000.00 da mesma marca.
- Monitor Multiparâmetros. Preço unitário: R\$ 16.254,00 da mesma marca.

## 6.5 Escolha das ferramentas de desenvolvimento da Web

Para a escolha das ferramentas de desenvolvimento considerou-se como fundamentais fatores como: custo, portabilidade, funcionalidade, segurança e disponibilidade de documentação aliadas à facilidade de aprendizagem. Após análise a opção recaiu sobre as seguintes ferramentas:

- *HTML*: Por ser uma ferramenta padrão na maioria dos sites da Web, sendo compatível com a maioria dos *browser's* existentes no mercado.
- *PHP*: Considerada uma linguagem de desenvolvimento do lado do servidor que permite criar sites Web dinâmicos, possibilitando uma interação com o usuário, parâmetros da

*URL* e links. Como ele é executado do lado do servidor é somente enviado para o cliente *HTML* puro, sendo assim, o código fonte não é exposto. Sua sintaxe é muito parecida com C, sua fonte pode ser embutido no meio da fonte *HTML*, dá suporte a um grande número de banco de dados, e também suporte a outros serviços através de protocolos como *IMAP*, *SNMP*, *NNTMP*, *POP3*, *HTTP*, e ainda abrir *sockets* e interagir com outros protocolos. Possui uma vasta documentação de apoio e seu código fonte é aberto.

- *JavaScripts*: Uma ferramenta de desenvolvimento de scripts do lado do cliente que interage diretamente com o *HTML*, facilitando a criação de rotinas baseada em eventos, onde é possível manipular objetos dinamicamente dentro da página.
- *MySQL*: Banco de dados relacional portátil para maioria das plataformas existentes, rápido, e que consegue manipular uma grande massa de dados. Possui grande disponibilidade de documentação de auxílio e seu código fonte é aberto.

## 6.6 Aquisição de dados

Cada leito conterà um Micro Servidor Web que receberá os sinais vitais enviados pelos equipamentos médicos que adquirem os sinais através de sensores ligados ao corpo do paciente. Os sensores captam os sinais dos pacientes de tempo em tempo, armazenando-os nos equipamentos médicos de monitoramento, ficando as definições dos parâmetros de aquisição, particulares a cada paciente, a cargo de médicos e profissionais da área.

Estes parâmetros incluem dados do paciente tipo Identificação (ID), localização e leito, limites de normalidade, estes limites referem-se aos valores mínimos e máximos de temperatura corporal (TC), frequência cardíaca (FC) e saturação parcial de oxigênio (SpO2) e pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) que irão determinar alarmes quando for o caso e intervalos de aquisição das amostras, entre outros.

O Micro Servidor Web recebe os sinais vitais do paciente, através de sua porta de comunicação serial RS232C ou através de suas portas de entrada/saída de dados e faz o tratamento destes, pois os equipamentos médicos dispõem de diferentes formatos de transmissão

de dados, por exemplo, o equipamento utilizado na implementação transmite os dados em formato *ASCII* ou Hexadecimal, conforme o tipo de solicitação, então se faz necessário que o MSW coloque-os em um mesmo formato para poder armazená-los temporariamente e posteriormente apresentá-los nas páginas Web requisitadas. A Figura (6.6), ilustra o fluxo da aquisição de dados no modelo proposto.

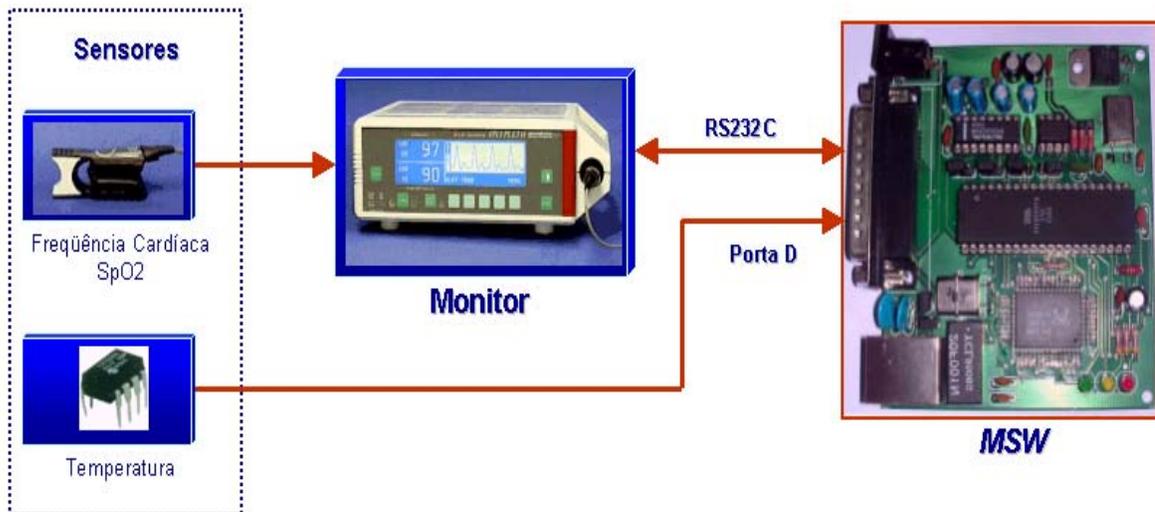


Figura (6.6) Fluxo da aquisição de dados

## 6.7 Armazenamentos de dados

O Micro Servidor Web contém uma memória (64KB) que permite o armazenamento temporário dos dados dos pacientes de acordo com os parâmetros estabelecidos nos equipamentos de monitoramento. Além de armazenar os dados por tempo determinado, ficou definido o tempo de 15 em 15 minutos segundos os médicos que acharam bastante suficientes comparando com o intervalo de 1 em 1 hora que geralmente feito nos hospitais e permitir sua visualização em tempo real, ele retransmite-os para um servidor de aplicações e um servidor de dados (estes servidores poderão estar instalados em apenas um microcomputador) que os armazena e os apresenta nas formas desejadas (exemplo graficamente) e alimenta uma base de dados para análises futuras.

Os profissionais podem acessar o Micro Servidor Web, diretamente, para obtenção de informações clínicas (os sinais vitais monitorados) que possam permitir-lhes uma análise do quadro clínico atual do paciente. A permanência dos dados por um período de aproximadamente 24 horas, no Micro Servidor Web, seria essencial, segundo informações obtidas juntas a profissionais do HU (Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina), que atuam na área, julgando ser um período instável do quadro clínico de um paciente. A Figura (6.7) ilustra o fluxo de armazenamento de dados do modelo.

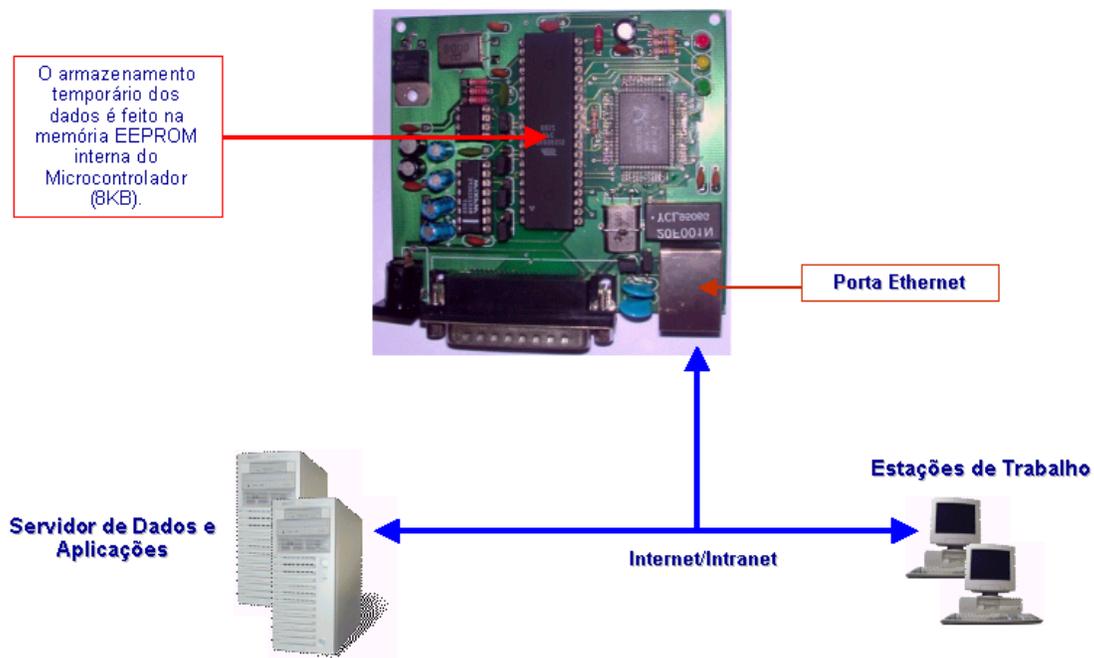


Figura (6.7) Fluxo de armazenamento de dados do modelo

As informações armazenadas no servidor de dados, serão para futura composição de relatórios de acompanhamento e evolução do quadro clínico, estudos e estatísticas médicas. Os Servidores de aplicações e dados poderão estar fisicamente na *LAN* do hospital ou em algum outro local definido de acordo com a conveniência dos usuários.

Ele também será configurado como um Servidor Web e poderá ser acessado através de “link” disponível na página inicial do Micro Servidor Web. A memória que está embutida no Micro Servidor Web poderá ser apagada quando o paciente deixar a UTI, ficando disponível para outro paciente. O Micro Servidor Web deverá conter um endereço IP fixo que por meio dele, os médicos ou as enfermeiras poderão consultar os dados dos pacientes de maneira remota contínua e confiável em tempo real sempre que se fizer necessário.

## 6.8 Segurança de dados

A informação médica é um assunto sensível à maioria das pessoas, e as implicações de prover as informações on-line podem ser bastante sérias. Na implementação atual do sistema, o cliente e o servidor estão situados dentro de uma *LAN* que poderá ser protegida do mundo externo através de *firewall*, portanto, a transferência dos dados de um paciente não é um problema tão grande uma vez que as pessoas sem autorização não estarão dentro da infra-estrutura da *LAN*.

Porém, problemas poderão surgir se o sistema for ampliado de forma que o cliente e o servidor possam funcionar em diversas redes, inclusive com conexões de *dialup*. Em tal situação, a capacidade para assegurar a transferência e acesso de dados de um paciente e/ou acionar um dispositivo, é essencial. Para assegurar estas transações e autorizações, esquemas de criptografia serão necessários.

Por exemplo, seria necessário o Servidor Web prover alguma forma de autenticação, ou contra-senha, para permitir que somente as pessoas autorizadas tenham acesso as informações ou poder para controlar os dispositivos e então, assegurar que a transferência de dados pela Internet esteja segura, técnicas de criptografia precisariam ser empregadas.

No modelo implementado o acesso ao Micro Servidor Web somente poderá ser efetuado por usuários previamente cadastrados e qualificados para tal, serão incluídas rotinas para autenticação de usuários e verificação de senhas, bem como, o tipo de permissão de acesso aos dados por parte dos usuários, preservando assim a integridade da monitoração.

Em relação ao servidor de aplicações e dados, serão incluídas rotinas de autenticação de usuários e um controle severo em relação as permissões para acesso às informações, por se tratar de um Servidor Web e pela utilização de sistema operacional *freeware* são disponibilizadas muitas aplicações e tecnologias para esta finalidade.

## **6.9 Detalhando o modelo graficamente**

O modelo proposto é composto de três módulos. Um módulo que contempla a aquisição de dados e armazenamento temporário das informações, um segundo que é composto por um servidor de aplicações e dados e o terceiro que é representado pelas estações de trabalho.

O módulo de aquisição e armazenamento temporário das informações é composto de um Micro Servidor Web e equipamento médico para aquisição e monitoramento dos sinais vitais do paciente. O Micro Servidor Web comunica-se com o equipamento médico que irá fornecer dados de saturação de oxigênio do sangue (SpO2), frequência cardíaca (FC), temperatura corporal (TC), pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) através de sua porta de comunicação serial padrão RS232C e das portas de entrada/saída de dados do microcontrolador.

A opção pela comunicação serial deve-se ao fato de que normalmente os equipamentos de monitoramento e aquisição de sinais vitais dispõem deste tipo de comunicação, o que torna o modelo proposto flexível quando a sua utilização. A Figura (6.8) e a Tabela (6.2), ilustra o módulo de aquisição e armazenamento temporário.

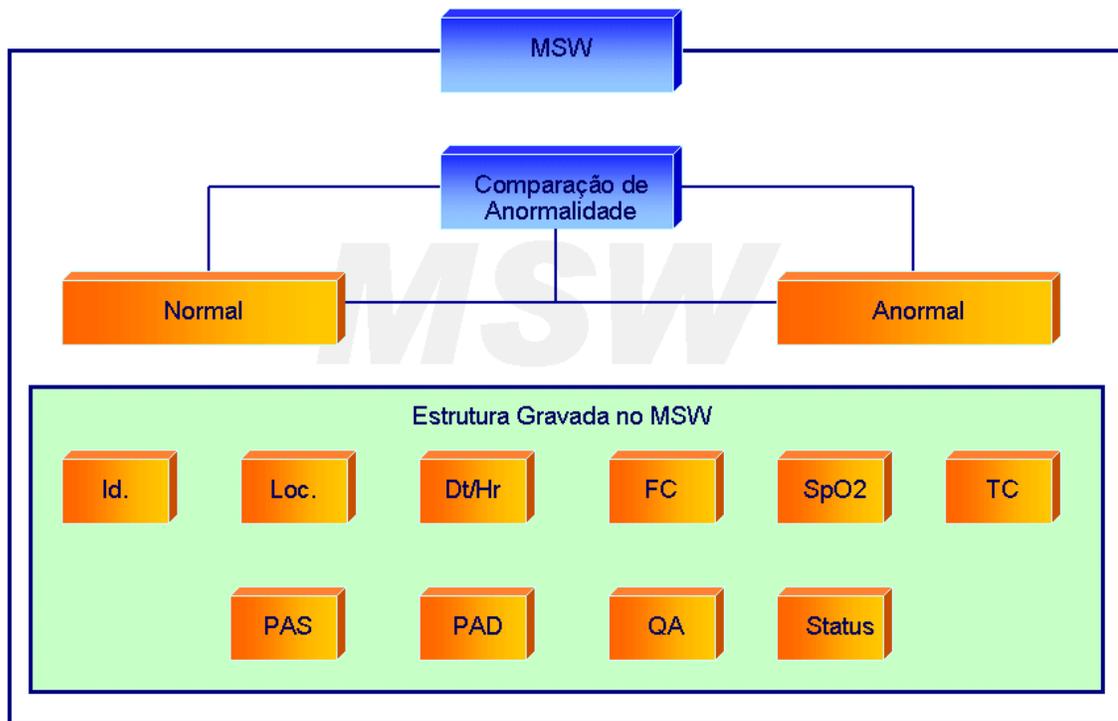


Figura (6.8) Descrição do Micro Servidor Web

Sigla	Descrição	Sigla	Descrição
ID	Identificação do paciente	TC	Temperatura corporal
Loc.	Localização do paciente (leito)	PAS	Pressão arterial sistólica
Dt/Hr	Data e hora do último alarme	PAD	Pressão arterial diastólica
FC	Frequência cardíaca	QA	Quantidade de alarmes
SpO2	Saturação de Oxigênio	Status	Estado de alarme

Tabela (6.2) Descrição do Micro Servidor Web

As etapas que compõem o processo de aquisição dos sinais é mostrado na Figura (6.9) onde se apresenta a descrição do modelo da monitoração dos sinais vitais dos pacientes no UTI.

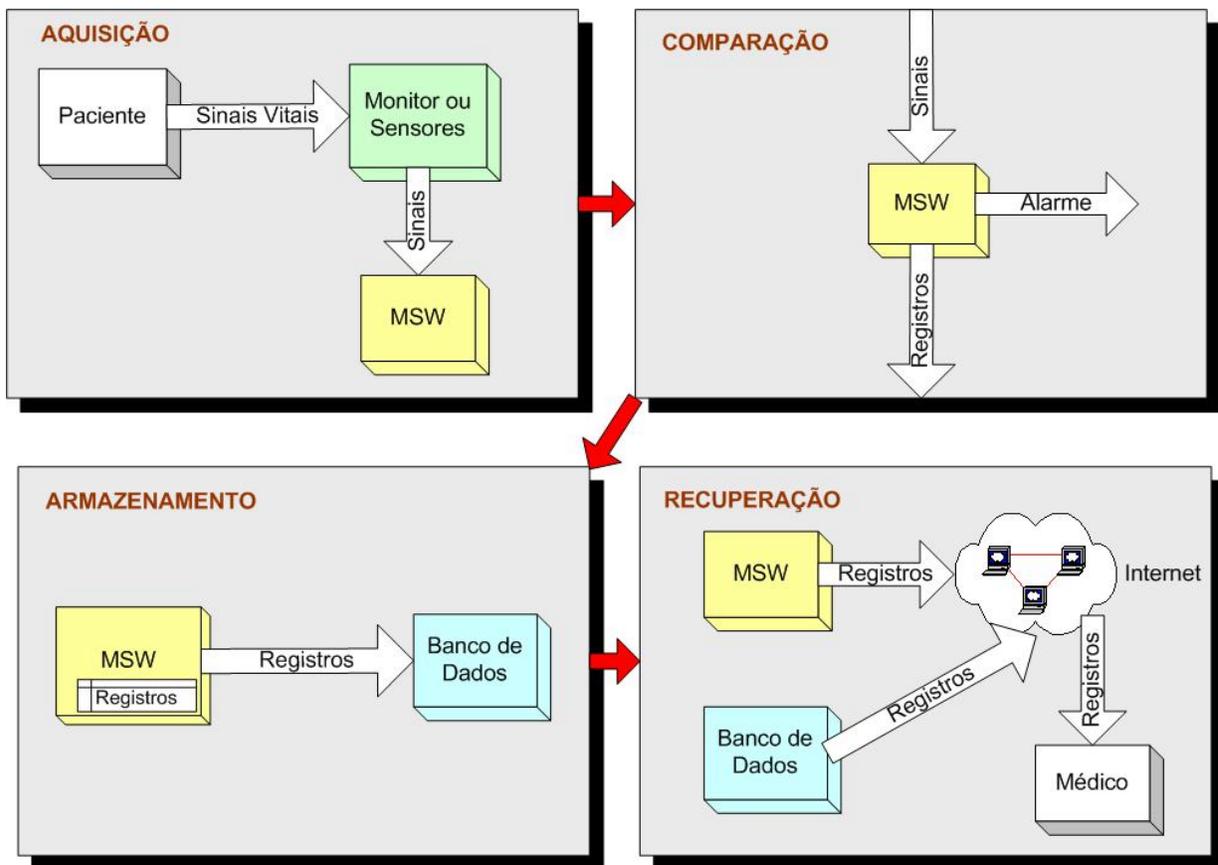


Figura (6.9) Descrição do Modelo

O segundo módulo é composto de servidores de dados e aplicações. Os servidores de dados e aplicações são constituídos de microcomputadores baseados em sistema operacional, banco de dados, Servidor Web e softwares para segurança, todos de implementação livre não acarretando custos de aquisição de software, uma vez que a redução de custos é fator importante no modelo proposto.

Este Servidor deverá dispor de conexão à Internet e irá proporcionar entre outras aplicações, o armazenamento de dados históricos de pacientes no banco de dados, permitindo que o médico possa resgatar as informações clínicas do paciente com rapidez e flexibilidade, estas informações poderão servir como base para estudo de casos para alunos de cursos de medicina, pois a implementação de níveis de segurança e permissão de usuários possibilita o fornecimento de informações mantendo confidenciais as informações sobre a identificação dos pacientes.

O sistema permite aquisição de séries históricas de informações contidas no banco de dados que possibilitem o estudo e acompanhamento de determinado caso médico, de acordo com a área de especialização, mantendo os dados que identifiquem o paciente no anonimato.

O terceiro módulo é composto pelas estações de trabalho. A estação de trabalho é um microcomputador convencional com acesso à Internet. Poderá estar na rede local do hospital e acessar as informações através de uma intranet existente ou poderá estar em pontos remotos e acessar através da Internet por qualquer tipo de conexão que estiver a disposição.

### **6.10 Características do modelo proposto**

Além de possibilitar o monitoramento de dados a partir de equipamentos utilizados para aquisição de sinais vitais de pacientes em tempo real ou retransmitindo estes dados para um banco de dados e/ou servidor de aplicações também permite o monitoramento do equipamento conectado ao Micro Servidor, no sentido de detecção de falhas funcionais ou operacionais deste.

Um exemplo característico deste modelo de detecção de falhas poderá ser a recuperação do status operacional do equipamento médico de monitoramento, em determinado momento, mesmo após este ter sido desligado ou ter os seus dados apagados, intencionalmente ou não, pois as informações estarão armazenadas no banco de dados e poderão ser recuperadas.

A possibilidade de recuperação de dados como descrita acima, amplia a integridade das informações clínicas do paciente, pois os dados ficam registrados detalhadamente (as amostras dos sinais vitais monitorados são armazenadas em seus valores e no exato momento de sua ocorrência) no banco de dados. Possibilitando posteriormente que possa ser identificado algum tipo de irregularidade ocorrida com algum equipamento monitorado, do tipo, quer por parâmetros que não tenha sido corretamente especificado para determinado paciente ou por períodos que o equipamento não se mantenha operacional.

O modelo aqui apresentado foi direcionado para utilização em Unidades de Terapia Intensiva, porém observa-se a aplicação poderia ser ampliada para que os pacientes pudessem receber atendimento médico em suas residências. Este tipo de monitoramento remoto permitiria

ao médico efetuar acompanhamento do paciente através do monitoramento de sinais vitais e a partir destes e utilizando uma base de dados disponíveis efetuar estudos a respeito. Nos dias atuais dispor de conexões à Internet, quer comerciais ou residenciais, não representa dificuldades nem custos elevados.

## **6.11 Conclusão**

Neste capítulo apresentou uma descrição detalhada do modelo proposto, as características, as etapas como a aquisição, armazenamento e recuperação dos sinais vitais, mostrando também as etapas graficamente. No próximo capítulo será apresentada a implementação do modelo, e a validação dos sinais vitais e os resultados obtidos.

## 7. Implementação do modelo proposto.

### 7.1 Introdução

A implementação desenvolvida para validação do modelo proposto contempla a aquisição dos sinais vitais, frequência cardíaca, nível de saturação de oxigênio no sangue (SpO2) e temperatura. A implementação caracteriza plenamente uma arquitetura de uma aplicação cliente/servidor, no lado servidor foi utilizado um Micro Servidor Web (MSW), que possibilita a conexão com equipamentos médicos para monitoramento de sinais vitais, em nossa aplicação um oxímetro de pulso, através de uma interface serial padrão RS232C, comum a ambos.

A interconexão dos dispositivos permite ao MSW obter os valores dos sinais vitais: frequência cardíaca e (SpO2), obtida através de sensores conectados ao oxímetro e ao paciente. Para obtenção dos valores referentes à temperatura foi utilizado um sensor de temperatura conectado ao paciente e a uma das portas de entrada do MSW. Cabe destacar que a utilização de um sensor de temperatura de forma isolada deve-se ao fato da impossibilidade de acesso a um equipamento que permitisse monitorar todos os sinais apontados no modelo. A obtenção de informações sobre equipamentos médicos bem como o acesso a estes é uma tarefa difícil.

O lado cliente da implementação é representado por um microcomputador convencional que disponha de recursos para acesso à Internet, ou seja, o cliente é simplesmente qualquer *browser* para Internet com suporte a Java.

O oxímetro de pulso utilizado foi o modelo *DX 2405* da *Dixtal*, compatível com o *Novamatrix Oxyplet 520 A*, que será abordado com maiores detalhes neste capítulo, esta opção deve-se ao fato que embora a negativa no fornecimento de informações técnicas apresentadas pela *Dixtal*, o modelo escolhido acima citado é fabricado pela *Novamatrix* e foi possível encontrar informações técnicas na Internet a respeito. Os sensores utilizados para coleta dos dados de frequência cardíaca e (SpO2), são os utilizados no oxímetro, para coleta da temperatura foi utilizado um sensor DS1621, fabricado pela empresa *Dallas*.

O Micro Servidor Web utilizado foi o MSW, desenvolvido no Laboratório de Experimentação Remota (RExLab) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A opção pelo MSW deveu-se ao fato que dispõe das características técnicas desejáveis à implementação, está disponível e apresenta um baixo custo na implementação. A Figura (7.1) mostra a implementação do modelo proposto.

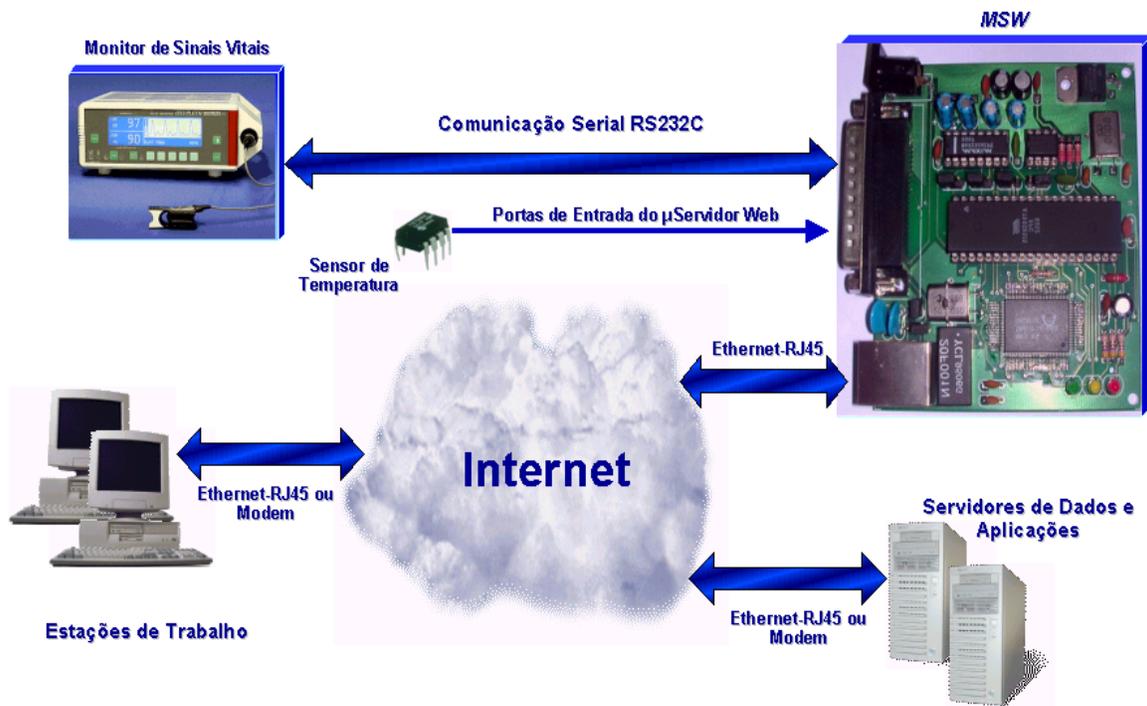


Figura (7.1) Implementação do Modelo Proposto

## 7.2 Interação entre Cliente e Servidor

As estações de trabalho (clientes) proporcionam um meio de monitorar e controlar os sinais vitais oriundos do oxímetro de pulso e do sensor de temperatura, através de uma interface baseada na Internet ou em uma Intranet. As páginas Web em *HTML*, hospedadas no MSW, proporcionam a informação e a navegação básica para esta interface, entretanto, são utilizadas *Java Applets* embutidas nestas páginas que permitem a comunicação direta com o servidor e assim o controle do oxímetro de pulso e obtenção dos valores de temperatura. Esta interação com o servidor é implementada via *scripts CGI* executados no MSW.

A interação entre o cliente o oxímetro de pulso e o sensor de temperatura pode ser dividida em três partes. Para o cliente fazer uma requisição, buscando informações ou dados, primeiramente envia a requisição a um *script CGI* residente no MSW. O *script CGI* é então capaz de enviar a requisição ao oxímetro via sua interface serial e ao sensor de temperatura através das portas de entrada/saída de dados do MSW.

Da mesma forma para os dados fluírem na direção oposta, um *script CGI* pode receber dados do oxímetro da interface serial e então servir estes dados para uma *Java Applet* com uma conexão com o *script CGI* ou para um chamado da página Web do *script*. Este processo de comunicação é ilustrado na Figura (7.2).

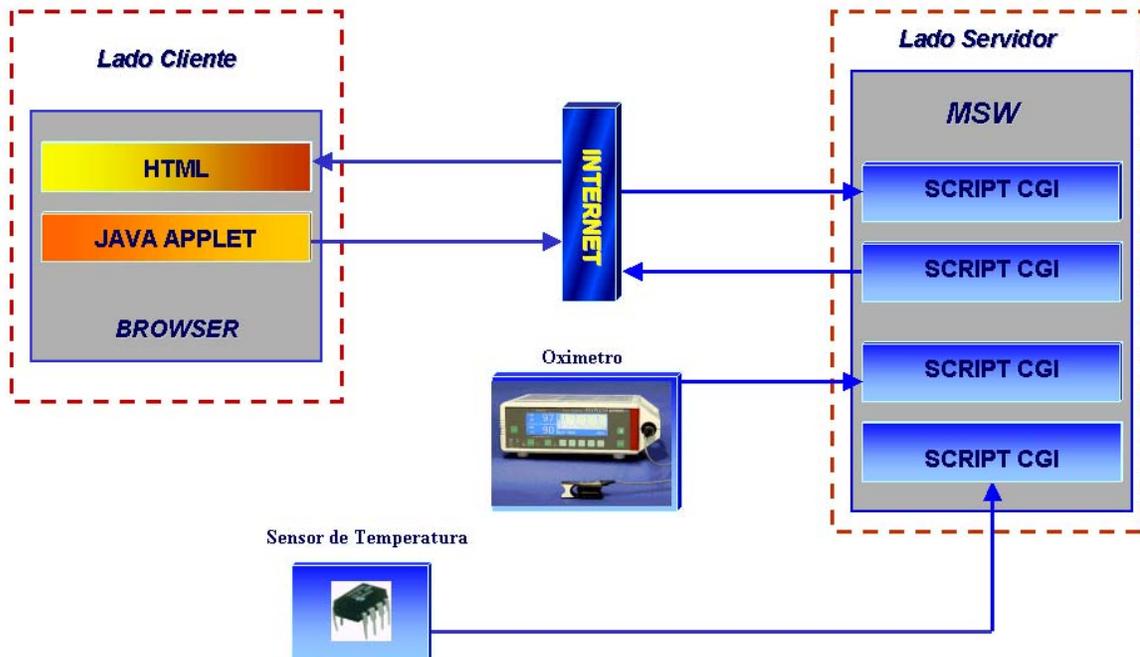


Figura (7.2) Interação Cliente-Servidor através de scripts CGI executados no MSW.

O MSW dispõe de ambiente de desenvolvimento que inclui utilitários para montar e carregar *scripts CGI*, páginas *HTML* e códigos de uso do servidor. O MSW não permite o uso de linguagens dinâmicas como *PHP* e *ASP*, assim todos os conteúdos dinâmicos das páginas Web necessitam ser feitos através de *CGI*, *Java Applets* e *Java script*.

As rotinas *CGI* podem ser escritas em assembler nativo do *AVR* ou usando a linguagem *PCODE*. A linguagem *PCODE* foi desenvolvida pela *Lightner Engineering* para simplificar o código do *Picoweb* sendo disponibilizada gratuitamente para uso acadêmico. Para auxiliar na implementação do modelo foi desenvolvido um simulador escrito em linguagem *Delphi*. O simulador imita a interface de comunicação do oxímetro de pulso *Dixtal 2405* através da porta serial de um PC.

### **7.3 Sobre o Oxímetro de Pulso**

O oxímetro de pulso é um equipamento dotado de sensor ótico vermelho e infravermelho, destinado à monitoração contínua e não-invasiva da saturação parcial de oxigênio da hemoglobina arterial ( $SpO_2$ ) e frequência cardíaca medida pelo sensor de ( $SpO_2$ ).

O princípio de funcionamento do oxímetro se baseia no fato do sangue saturado de oxigênio absorver diferentes quantidades de luz em cada comprimento de onda quando comparado com o sangue não saturado de oxigênio. Cada *LED* emite luz em comprimentos de onda específicos de (660 e 940 nanômetros - nm) através de um leito vascular pulsátil para o fotodiodo. A frequência cardíaca é calculada por medição do intervalo de tempo entre a detecção dos picos da forma de onda do infravermelho. O inverso desta medida é mostrado como frequência cardíaca.

O oxímetro de pulso pode ser utilizado em pacientes adultos, pediátricos e neonatais em todas as áreas do hospital, postos médicos ou em casa. Também pode ser utilizado durante o transporte intra-hospitalar com o uso de sua bateria interna. O equipamento deve estar funcionando corretamente e o operador deve conhecer a maneira adequada de manuseá-lo para não haver riscos da saturação de oxigênio no sangue ser medido incorretamente. Existe também o risco de choque elétrico para operadores e pacientes. A realização de testes periódicos pode indicar os problemas no funcionamento, melhorando a segurança para os operadores e pacientes.

### 7.3.1 Comunicação Serial RS 232 no Oxímetro

O modelo *DX-2405* suporta comunicação serial (RS232C) com dispositivos externos, através de conector disponível no painel traseiro. Os sinais disponíveis na porta de comunicação são eletricamente isolados dos demais sinais, no modelo *DX 2405*, a isolação se dá através do uso de quatro opto-isoladores. Na Figura (7.3) ilustra Painel traseiro do oxímetro.

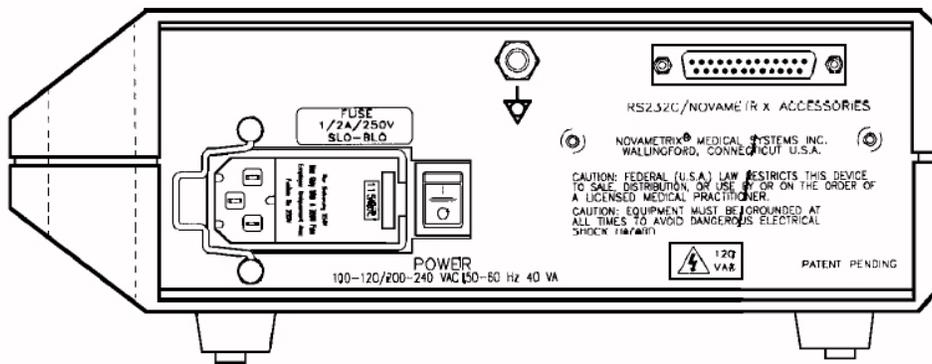


Figura (7.3) Painel traseiro do oxímetro

O circuito eletrônico do oxímetro dispõe de um dual transmitter/receiver para *RS232C* (o circuito integrado *LT1081CN*) que possibilita que as duas entradas de sinal Receive (Rx) possam aceitar níveis de até  $\pm 30$  volts, enquanto as duas saídas de transmissão, Transmit (Tx), trabalham com níveis de  $\pm 9$ V.

As duas linhas de sinais TX0 e TX1 transmitem dados para a CPU através de opto-isoladores, os circuitos integrados CNY 17-111 que são conectados ao circuito integrado *LT1081CN* (dual *RS232C*), que comutada os níveis dos sinais para o padrão de  $\pm 9$  volt que são enviados para o conector no painel traseiro.

O sinal de transmissão TX1, é dedicado para a comunicação com o módulo analógico opcional o qual é conectado no painel traseiro do oxímetro, ele transmite sinais analógicos de (SpO2) e frequência de pulsos.

Os sinais de saída de transmissão TX0 e os sinais de entrada Receive (RX0) e *Clear to Send* (CTS\*) são conectados no painel traseiro no conector *RS232C* para conexão com a CPU.

## 7.4 Sobre o Micro Servidor Web

### 7.4.1 Hardware do MSW

O hardware do MSW é comandado pelo microcontrolador *AT90S8515* da *Atmel* e utiliza o controlador para *Ethernet RTL 8019AS*, da *Realtek*, que está conectado diretamente às portas do microcontrolador. O hardware do Micro Servidor é formado por 4 (quatro) circuitos integrados e mais alguns componentes discretos. Como mostra a Figura (7.4), o circuito está centralizado no microcontrolador *Atmel AT90S8515*, que dispõe internamente de três tipos de memória: RAM estática (512 bytes), memória *flash* programável (8 Kbytes), e *EEPROM* “on-chip” (512 bytes), em sua arquitetura *AVR RISC*.

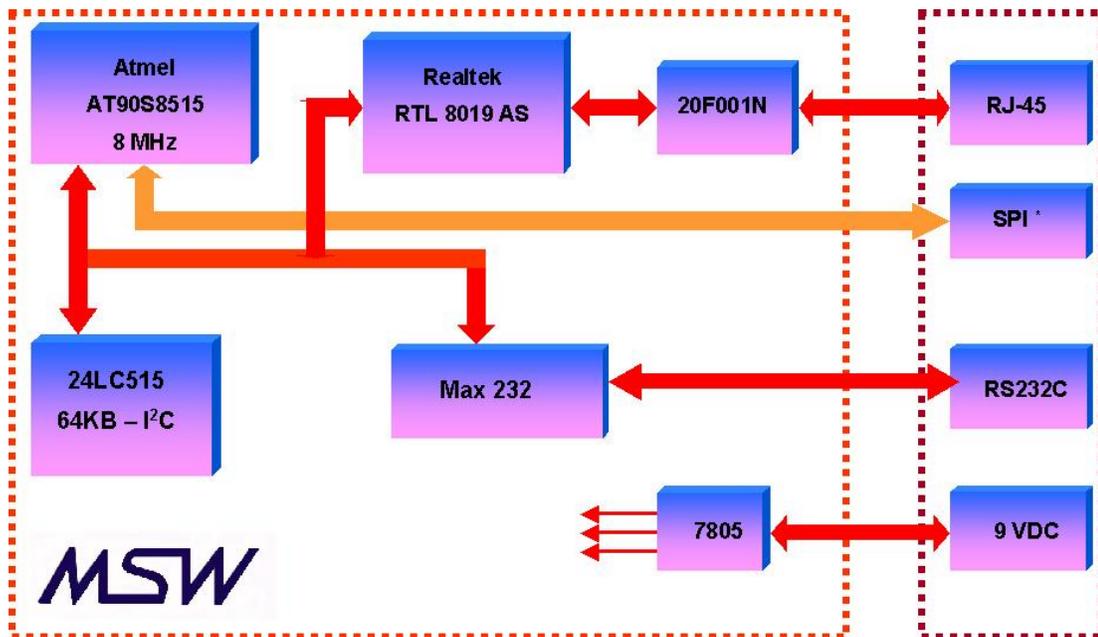


Figura (7.4) Diagrama em blocos do MSW

Para o armazenamento das aplicações é utilizada a memória *I<sup>2</sup>C EEPROM* Serial, modelo *24LC515*, fabricada pela Microchip, que possui 64 Kbytes sendo responsável pelo armazenamento do código das aplicações e imagens, entre outros, é uma espécie de “sistema de

arquivos” do MSW. Para o interfaceamento *Ethernet* é utilizado o circuito integrado *RTL8019AS*, com 16 kbytes de *SRAM* integrados, modulador e demodulador para a interface física, controlador de protocolo *Ethernet*, entre outras funções.

De forma resumida pode-se dizer que o *RTL8019AS*, dispõe de todos os requisitos necessários para transmitir e receber pacotes *Ethernet*. O último circuito integrado a ser comentado é o *MAX 232* é um driver/transceiver para *RS232C*, fabricado por diversas empresas. Na Figura (7.5), ilustra o Micro servidor Web.

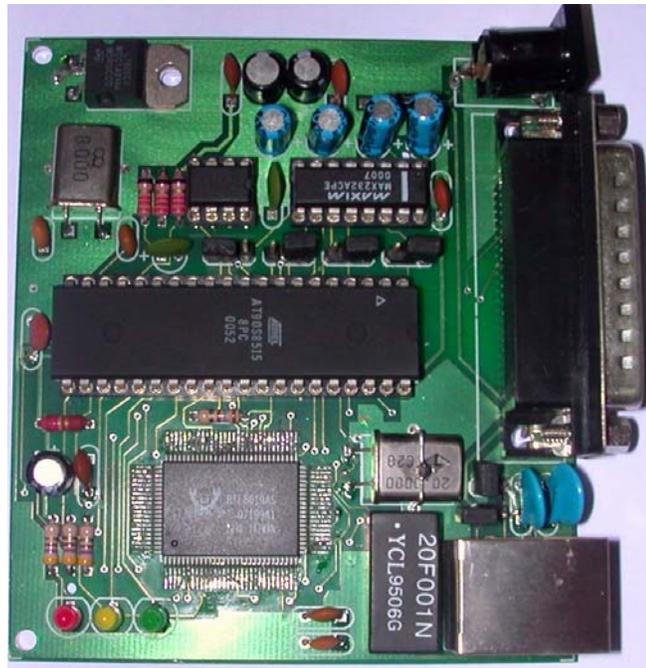


Figura (7.5) O Micro Servidor Web (MSW)

#### 7.4.1.1 Comunicação Serial no MSW

O MSW dispõe de uma porta serial *on-board* que pode ser acessada através de um conector *DB-25* para comunicação de dados padrão *RS-232C*. Esta porta é conectada ao microcontrolador através de um único chip, que é um *RS-232C* driver/receiver interface circuit, o qual converte as tensões para os níveis de 5V requeridos. O *MAX 232* é adequado para utilização em alimentação de nível *TTL*, pois necessita de apenas quatro componentes externos, quatro

capacitores de 10uF, responsáveis pela elevação da tensão para 12V simétricos necessários para a RS232.

A saída está disponível em um conector DB25 com pinagem padrão, estando desta forma a mais funcional possível para ser utilizada diretamente ligada a porta serial de um microcomputador. Os sinais disponíveis no conector DB25 são o sinal de RX no pino 16 e TX no pino 17 do conector. A Figura (7.6) mostra a descrição completa dos pinos do conector DB25 na placa.

Pino	Sinal	Pino	Sinal	Pino	Sinal	Pino	Sinal
1	PD4	8	PB1	15	ICP	22	PD7/SCL
2	PB4	9	PD6	16	RXD	23	PB6/MISO
3	TXD2/PD5	10	PB0	17	PD1/TXD	24	RXD2
4	PB3	11	PD0	18	OC1B	25	PB5/MOSI
5	PD3	12	PB5	19	RESETB		
6	PB2	13	GND	20	GND		
7	PD2	14	PWR	21	PB7/SCK		

Figura (7.6) Conexões do DB25

#### 7.4.1.2. Porta de Comunicação Ethernet

O MSW dispõe on-board de conector padrão RJ-45 para par trançado. Esta porta é conectada ao controlador *Ethernet Realtek 8019AS* através de um transformador/filtro padrão 10Base-T. Esta interface suporta o tamanho máximo de cabo de 100 metros entre a placa e um HUB. A descrição dos pinos é mostrada na Figura (7.7).

Pino	Sinal
1	TPTX+
2	TPTX-
3	TPRX+
4	TP1+
5	TP1-
6	TPRX-
7	TP2+
8	TP2-

Figura (7.7) Descrição dos Sinais do conector Ethernet

### 7.4.1.3 Porta de programação *In-System*

Esta porta é utilizada para programação do microcontrolador, não sendo necessário retirá-lo do sistema. A transferência dos dados é feita através da porta paralela de um microcomputador compatível PC. A descrição dos sinais é vista na Figura (7.8).

	Pino	Sinal	Descrição do sinal
	25	MOSI	Slave serial data input
19	RST	Reset deverá estar em nível baixo durante a programação	
21	SCK	Slave input serial clock	
23	MISO	Slave serial data output	
13	GND	Sinal de ground	

Figura (7.8) Sinais da porta SPI

### 7.4.1.4 Portas de Entrada/Saída

O microcontrolador *AT90s8515* utilizado no MSW dispõe de 32 linhas de entrada/saída de dados para comunicação com o mundo exterior estas linhas estão configuradas como 4 portas de 8 linhas cada uma (8 bits) que podem ser configuradas individualmente como entrada ou saída, em uma mesma porta pode co-existir linhas de entradas e saídas.

Estas portas têm a funcionalidade de ler-modificar-escrever como uma porta digital de entrada e saída de dados, isso significa que a direção de um pino de uma porta pode ser trocada sem que a direção de outro pino.

Estas portas denominadas, PA, PB, PC e PD são portas de 8-bits, bidirecionais, configuráveis como entrada ou como saída. Os pinos das portas podem ser providos de resistências internas *pull-up* (selecionáveis para cada bit). Estas portas podem suprir 20mA de corrente elétrica, quando utilizadas como saída de dados, em cada pino e por eles pode controlar diretamente cargas tipo um *LED*, por exemplo.

As portas A e C são utilizadas no MSW como um barramentos de dados, endereços e controle internos com os demais componentes do MSW. As portas B e D são utilizadas para funções especiais ou para comunicação externa. As portas disponíveis para comunicação externa são mostradas na Figura (7.9).

	Pino	Sinal
	3	PD5
	4	PB3
	5	PD3
	6	PB2
	7	PD2
	8	PB1
	9	PD6
	10	PB0
	11	PD0
	12	PB5
	17	PD1
	18	PB7
	22	PD7

Figura (7.9) Sinais da porta SPI

#### 7.4.2 Software Básico do MSW

A composição e organização do software básico do Micro Servidor Web é mostrada na Figura (7.10). O controlador *ethernet*, *RTL8019AS*, proporciona suporte para as duas camadas mais baixas de controle, por conseguinte o microcontrolador *Atmel*, *AT90S8515*, cuida de todas as que estão acima. As duas próximas camadas contêm o driver do adaptador de rede e a pilha *TCP-IP*. A camada de aplicação é o Servidor Web *http*.

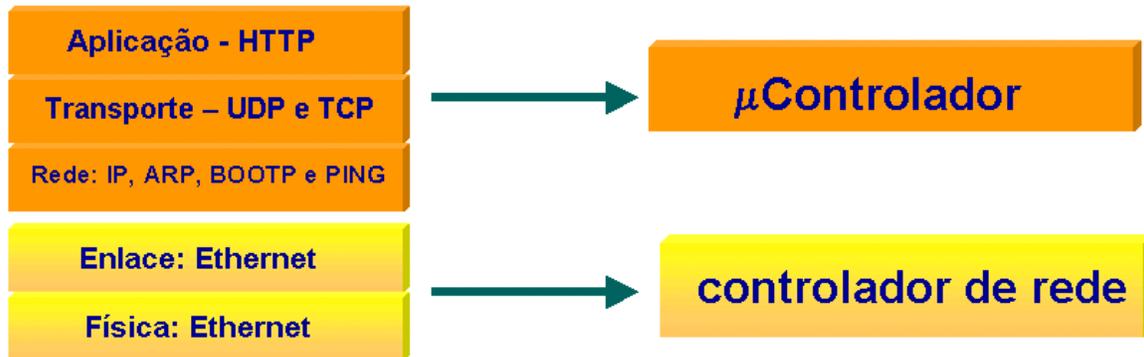


Figura (7.10) Camadas do firmware utilizado no MSW

Assim sendo, o *firmware* padrão do MSW apresenta um *kernel* simples, um *debug* minúsculo, um interpretador para pseudocódigo (pcode), um driver adaptador de rede, uma pilha *TCP/IP* e um servidor *HTTP* (uma vez que, a função inicial do MSW é prover acesso Web como servidor). Uma vez conectado à rede, o *firmware* do MSW suporta uma série de protocolos de rede, que merecem aqui uma explanação mais detalhada.

Em um nível mais baixo, o MSW responde a solicitações de rede *ARP* (*Address Resolution Protocol*), permitindo então, que outros computadores façam uma associação entre o endereço IP determinado para o MSW e seu endereço *Ethernet*. Para todo Micro Servidor é fixado um único endereço *Ethernet* que é enviado como parte do pacote *ARP* replicado.

A seguir, temos a solicitação de *BOOTP*. O endereço IP do MSW pode ser determinado de forma estática ou dinâmica: estática porque ocorre o armazenamento do endereço IP do dispositivo na memória flash do microcontrolador; e dinâmica através da utilização do protocolo *BOOTP*. Nesta última, solicitações do tipo *BOOTP* são enviadas periodicamente pelo MSW, até que uma replicação apropriada seja recebida.

É também transmitido como parte do pacote *BOOTP* solicitado, o endereço *Ethernet* único do MSW. Se uma resposta de *BOOTP* válida é recebida, é responsabilidade do MSW utilizar seu conteúdo para configurar seu endereço IP.

O Micro Servidor também responde a *ICMP Echo Requests* (Solicitações de Ressonância ICMP). Essas solicitações de ressonância ICMP são, normalmente, geradas pela utilização do comando *ping*, em um *host* remoto e permitem também a avaliação do tempo de viagem (*Round Trip Time - RTT*) de uma ressonância solicitada e/ou replicada.

Faz ainda parte do potencial do Micro Servidor, enviar e receber pacotes *UDP* (*User Datagram Protocol*). Este é um dos protocolos de transporte sem conexão que antecederam o TCP/IP, utilizado em aplicações como o gerenciamento de redes (*SNMP*) e de serviços de fornecimento de nomes de domínios na Internet (*DNS*). No nível *TCP/IP*, o MSW responde a solicitações *HTTP GET* que são endereçadas à porta *TCP80*.

As solicitações *HTTP GET*, são enviadas pelos *browsers* de rede. O MSW responde a essas solicitações, retornando documentos *HTML*, textos, imagens, e assim por diante, como se fosse um Servidor Web real. O diferencial aqui, é que não há a necessidade de utilização de um Sistema Operacional gigante, para que se possa obter os mesmos resultados. O *kernel* do *firmware* do Micro Servidor provê todo o código necessário para implementar esses protocolos da Internet acima listados.

O *firmware* do restringe ao máximo o tamanho de uma resposta *HTTP GET* para um único pacote *Ethernet* (não mais que 1400 bytes), para que se possa conservar recursos de memória. Diversas técnicas de codificação *HTML* podem ser utilizadas para que se possa trabalhar dentro desses limites, incluindo *frames HTML* e múltiplas imagens *GIF* e *JPEG*. A resposta básica do *firmware* para uma solicitação *HTTP GET* é o retorno de uma página Web.

O MSW permite a utilização de *Java Script* (embutidos ou em código *HTML* ou como arquivos separados) e *Java applets* para serem armazenados em sua *EEPROM* serial, juntamente com código *HTML* e imagens.

Há ainda, no *firmware*, a presença de um *debugger* simples que propicia, dentre outras coisas, *dumps* de memória, alterações da *EEPROM* e *pcode*. Existem rotinas de *firmware* permitem que a *EEPROM* serial 64 KB seja programada remotamente via interface *Ethernet*.

Uma utilidade do programa é prover que dados, imagens gráficas, *HTML*, Java *applets* e rotinas pcode sejam carregados na memória *EEPROM* serial.

Os segmentos desta, são então transferidos através da rede utilizando um programa TCP-based (baseado no protocolo TCP). Esta característica também permite a imagens e rotinas pcode serem atualizadas mesmo quando o MSW está ativo.

### 7.4.3 O software aplicativo no MSW

Para que se pudesse realizar os trabalhos de implementação lógica, no ambiente de desenvolvimento de software utilizado para o projeto do MSW, foi feito o uso do *Assembler* livre da Atmel. Para que o *Assembler* tivesse suas capacidades acentuadas, uma versão Linux do processador GNU C foi utilizada para adição de macros. O microcontrolador *AT90S8515* permite programação *in-circuit* de sua memória flash via interface SPI.

A grande questão que envolve toda a implementação do MSW é, compreender como todo o *firmware* irá se ajustar em um microcontrolador com 8 KB de memória flash. Para tanto, é feito o uso de uma técnica de pseudocódigo (*pcode*) para conservar o espaço de código em troca de uma velocidade de execução um pouco reduzida. O interpretador de instruções *pcode* desenvolvido pela *Lightner Engenharia* proporciona simplificação do código do programa e a opção de executá-lo fora da *EEPROM* (incluindo *EEPROM* serial externa, e em alguns casos, uma redução no tamanho do código do programa quando comparado ao código nativo).

O ambiente de construção do software é baseado nos sistemas operacionais Windows ou Linux. Apesar de estar-se utilizando o *Assembler Atmel* padrão para a geração do código de *firmware*, o código fonte é primeiro passado através de um processador C e de um *script Perl* antes de ser enviado para o assembler. A Figura (7.11), abaixo ilustra como o software aplicativo é disposto dentro do MSW.

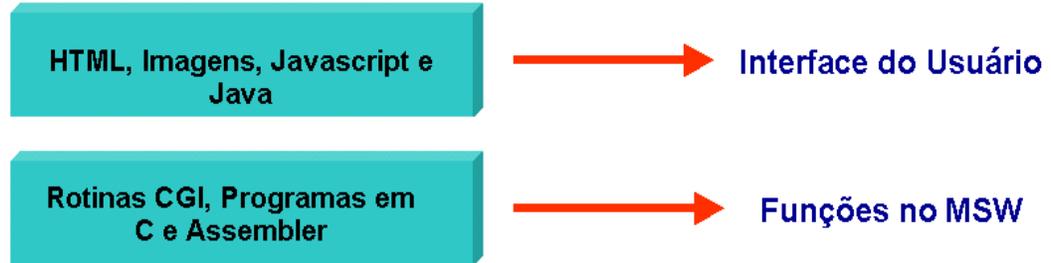


Figura (7.11) Software aplicativo no Micro Servidor Web

É utilizado o CGI (*Common Gateway Interface*) que é um tipo de programa ou padrão que permite a Servidores Web executar aplicativos externos. Trata-se de um conjunto de regras que descreve como um Servidor Web se comunica com um programa existente na mesma máquina (programa chamado CGI). Possibilita a criação de páginas *HTML* dinâmicas, muito utilizadas na Internet em páginas interativas, como as que enviam informações de bancos de dados para os usuários, utilizam formulários para consultas, etc. Os programas são geralmente escritos em linguagens de *scripting*, como a Perl, mas que podem ser escritos em outras linguagens.

Tanto o CGI quanto o *HTML* comunicam-se em ambas as direções. Isso significa dizer que, é possível chamar um *script CGI* através de uma página *HTML* que esteja ativa, ou que um *script CGI* pode gerar código *HTML* e enviá-lo ao navegador, que mostrará a página correspondente. O CGI também pode armazenar e ler dados num servidor. É assim que funcionam livros de visita ou *Bulletin-Boards*.

Um usuário pode entrar com dados num formulário de página *HTML*. Ao enviar o formulário, o *script CGI* é chamado e armazena os dados enviados. Um segundo *script CGI* ou outra chamada ao mesmo *script* pode gerar um código *HTML* contendo as entradas gravadas e enviá-lo para um navegador.

## 7.5 Implementação das aplicações

Quando carregado, o MSW armazena cinco páginas Web que podem ser acessadas. Há uma página principal denominada *monitor.htm*, onde estão ligadas as outras quatro páginas, como mostrado na Figura (7.12), abaixo. A página *realtime.htm* traz embutida uma *applet* Java que ao ser executada proporciona uma interface Web primária com o oxímetro implementando uma exposição virtual do oxímetro dentro do *browser*.

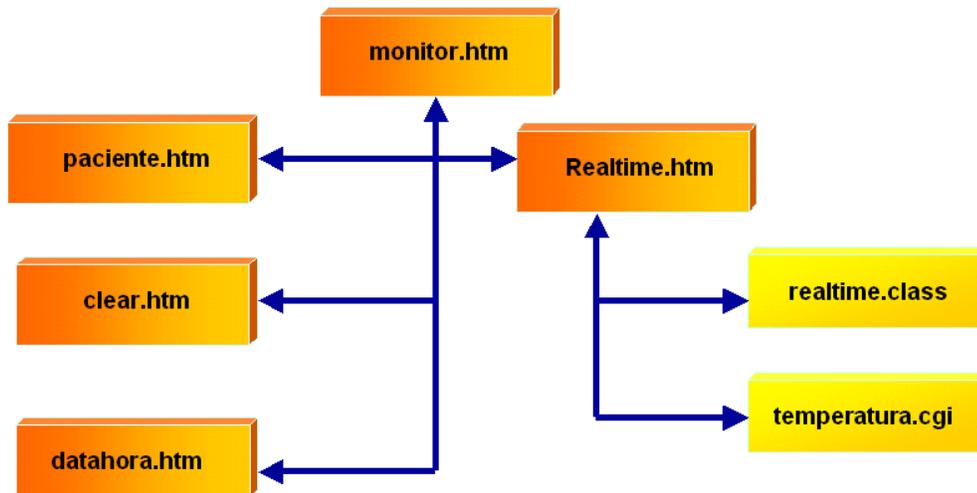


Figura (7.12) Composição das páginas Web

A página Web *monitor.htm* que apresenta a interface com o usuário foi implementada em um menu nível um. A partir da página *monitor.htm* são acessadas outras quatro páginas Web com funcionalidades diferentes e que serão melhor exploradas nas próximas seções, a Figura (7.13) ilustra a página inicial da implementação.



## Interface Web para Oxímetro

[Detalhes do Paciente](#)

[Monitoramento Tempo Real](#)

[Apaga Dados Paciente](#)

[Verifica Hora e Data](#)

Figura (7.13) Página Inicial da Implementação

Ao acionar a opção “Monitoramento em tempo real” na página inicial (*monitor.htm*) esta irá *linkar* a página denominada *realtime.htm*, que permite a visualização dos dados em tempo real mostrando a taxa da frequência de pulsos (*pulse rate*), (SpO2) e valores de status contendo informações dos pacientes, informações estas armazenadas no oxímetro e também os valores de temperatura, coletados pelo sensor de temperatura, habilitando um rápido monitoramento para a equipe médica, das condições atuais do paciente.

A opção “Apagar os Dados do Paciente”, contida na página principal permite ao usuário apagar os dados armazenados na memória do oxímetro, já a opção “Detalhes do Paciente” permite incluir ou alterar dados referentes ao paciente, informações do tipo ID do paciente, localização e leito, estas informações são apresentadas nas páginas de monitoramento de dados do paciente. A opção “Verificar Hora e Data” permite a verificação dos parâmetros data e hora do oxímetro.

### 7.5.1 Monitoramento de (SpO2), (FC) e temperatura em tempo real

O monitoramento em tempo real pode ser dividido em dois blocos distintos, o monitoramento dos sinais vitais (SpO2) e frequência cardíaca, que são obtidos através de dados coletados junto ao oxímetro utilizando a interface serial comum aos dois dispositivos, ou seja, oxímetro e MSW e os valores referentes à temperatura do paciente, que são coletados através de sensor conectado diretamente a porta de entrada de dados do Micro Servidor Web.

A coleta das informações de (SpO2) e frequência cardíaca contidas no oxímetro é efetuada através da porta de comunicação serial do oxímetro, conectada ao MSW, conforme já mencionado. O oxímetro *DX-2405* dispõe de um modo real time para a comunicação serial que é definido no Manual do Usuário da *Dixtal* como “Interface Mode 1 – Real Time”, que é um dos modos de comunicação serial do oxímetro e apresenta os valores de saturação e taxas de frequência de pulsos que são continuamente transmitidos em intervalos de um segundo.

Para iniciar a transferência dos dados o MSW envia um valor *ASCII* ‘1’ ao oxímetro, através de sua interface serial, o oxímetro responderá com um valor *ASCII* ‘1’ e imediatamente iniciará a transmissão dos dados, enviando strings de 12 caracteres. Cada string de dados é descrito:

MS\*\*\*P\*\*\*Z\*\*<cr><lf>

Identificador	Descrição
<b>M</b>	Identificador para marcar evento: “M” = evento sinalizado, “-“ = sem evento
<b>S</b>	Identificador para os 3 dígitos <i>ASCII</i> de valores de SpO2 na faixa de (0 – 100)
<b>P</b>	Identificador para os 3 dígitos <i>ASCII</i> dos valores de pulso na faixa de (0 – 250)
<b>Z</b>	Identificador para os 2 dígitos <i>ASCII</i> de status de SpO2
<b>***</b>	Os 3 dígitos de valores <i>ASCII</i> para SpO2 e FC
<b>**</b>	Os 2 dígitos de valores <i>ASCII</i> para status de SpO2
<b>&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</b>	Uma seqüência de carriage return e line-feed

Tabela (7.1) Formato de dados para a Real Time (Mode 1) Oxypleth serial interface.

-	S	0	9	8	P	0	6	2	Z	0	0
-	S	0	9	8	P	0	6	3	Z	0	0
-	S	0	0	0	P	0	0	0	Z	0	8
-	S	0	0	0	P	0	0	0	Z	0	0

Tabela (7.2) Seqüência de dados da `dado.cgi`, quando conectado ao oxímetro no modo Real Time (Mode 1) da interface serial.

Valor	Status
00	OK
01,07,15	N/A
02	SpO2 – Nível de Sinal Baixo
04	Pulso Fora da Faixa de Normalidade
03,05	N/A
06	SpO2 – Interferência na Luz
08	SpO2 – Sonda Desligada
09	SpO2 – Conectar a Sonda
10	SpO2 – Sonda Incompatível
11	SpO2 – Sonda Desconhecida
12	SpO2 – Sonda/Ir Danificada
13	SpO2 – Sonda/Rd Danificada
14	SpO2 – Sonda Danificada
16	SpO2 – Erro no Hardware
17	SpO2 – Sinal Ruim

Tabela (7.3) Sinais de status para SpO2

A *applet realtime* implementa no oxímetro da *Dixtal* em sua interface serial o modo de real tempo e cria um oxímetro ‘virtual’, que exibe a saturação e os valores de índice de respiração em real tempo. Um *script CGI*, `dado.cgi`, possibilita a comunicação com o oxímetro que habilita, desabilita e envia os dados em tempo real. Os dados são disponibilizados no mesmo formato do oxímetro (Tabela 7.1). Uma seqüência real de dados enviados pelo *script* `dado.cgi` é mostrada na Tabela (7.2).

A *applet realtime.class* instancia dois objetos: o *DataMSW* e o *DadosRealTime*. O objeto *DataMSW* abre uma conexão com `dado.cgi` de modo que a *applet* tem acesso aos dados em tempo real da saída do oxímetro. Como a *applet* continuamente chama o *script CGI* pelo objeto *DataMSW*, passa a receber uma string como parâmetros ao objeto *DadosRealTime*.

Esta classe, como o nome sugere, apresenta essencialmente uma string que é passada para obter o valor de (SpO2), o índice de pulso e saída de valores de status do oxímetro. Estes valores então são inquiridos pela *applet* e a exposição ‘virtual’ atualiza seus respectivos campos. A interação destes objetos e o *script CGI* são ilustrados na Figura (7.14).

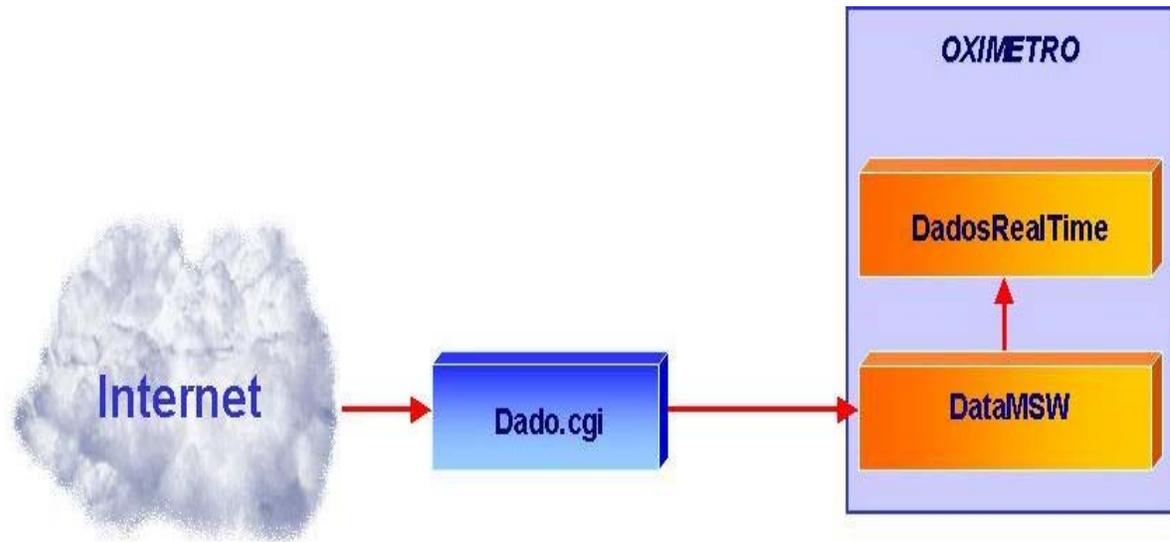


Figura (7.14) Interação dos objetos com a applet Oxímetro

A interface serial do oxímetro é configurada para 9600 bauds, (8) data bits, sem paridade e (1) stop bit. O MSW pode ser configurado para atender a taxa de transmissão para o projeto (definir no arquivo do projeto). O número de data bits, paridade e stop bits são assumidos pelo MSW. Na Figura (7.15), ilustra a visão geral do modelo funcional.

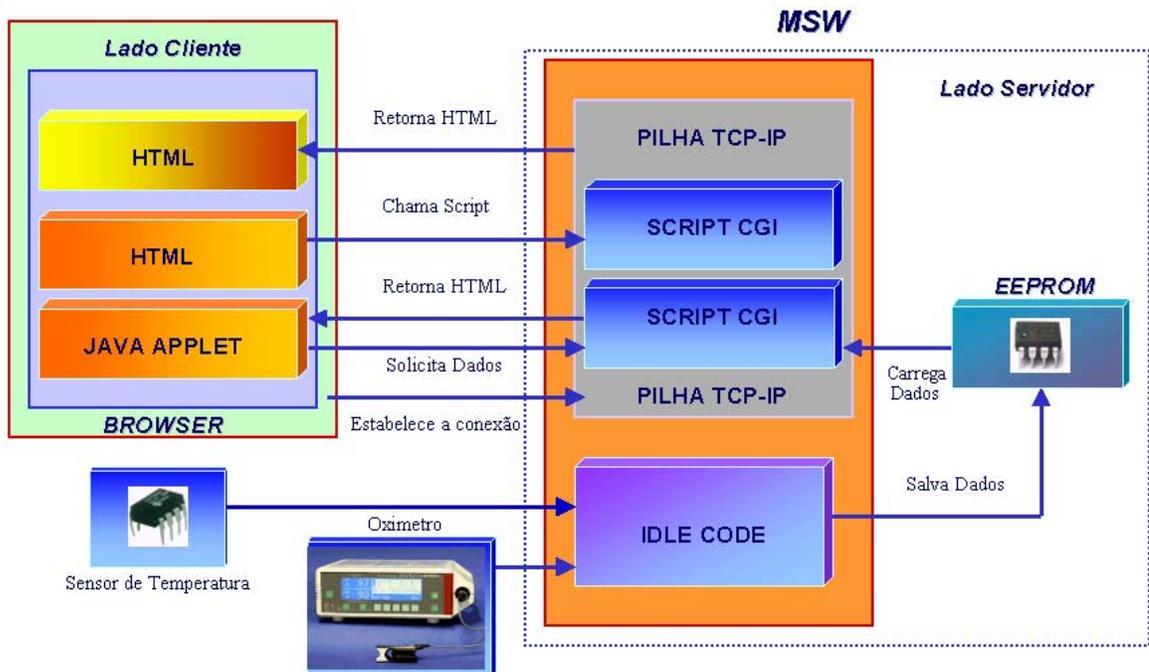


Figura (7.15) Visão Geral do Modo Funcional

Essencialmente o modo de tempo real funciona com o uso de *scripts CGI*. Do menu da página principal um *hyperlink* direciona o *browser* para a página de tempo real de dados. Este *hyperlink* não é um link normal para outra página, mas para um *script CGI*. Na execução do *CGI* um *ASCII '1'* é enviado ao oxímetro de pulso. Quando o oxímetro retorna um *ASCII '1'*, o script de *CGI* então redireciona o *browser* pelo uso de *headers HTML*.

Caso o oxímetro de pulso não responda o *script CGI*, depois de um intervalo de tempo, redireciona o *browser* para uma página de intervalo. Os detalhes desta página são as observações sobre o problema ocorrido de modo que o operador pode reparar o problema. É também possível que a resposta incorreta possa ser devolvida uma mensagem.

Quando o *CGI* recebe uma resposta ele *seta* um *flag* de forma que o *idle code* possa iniciar o funcionamento. O *idle code* roda toda vez que o MSW não estiver processando requisições. Este código verifica para caracteres recebidos do oxímetro. Quando o *idle code* recebe um string de dados salva esta string na *EEPROM*. Quando o cliente requisita o string de dados ele chama outro *script CGI*. Este script salva o string de dados na *EEPROM* e retorna para o *browser*. Na Figura (7.16), ilustra a Pagina do monitoramento em tempo real.



Figura (7.16) Monitoramento em Tempo Real

### 7.5.2 Download de Dados do Oxímetro

O oxímetro dispõe de memória interna que permite armazenar dados por determinado período, o *trend dump mode* da interface de comunicação serial do oxímetro, denominado modo 6, permite que os dados armazenados na memória interna do oxímetro *DX-2405* sejam literalmente *dumped* para a interface serial. Para inicializar o *trend dump mode* é necessário enviar um caractere *ASCII* '6' para o oxímetro e este responde com um caractere *ASCII* '6' e imediatamente inicia o *dump*.

O *dump* consiste de registros de dados e registros de informações, a Tabelas (7.4) ilustra estes registros:

Registro de Dados															
T**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**<cr><lf>
Registro de Informações															
TFF	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**<cr><lf>
O caractere   não é parte do registro.															

Tabela (7.4) Formato *Trend data*

O registro de informações contém informações do tipo código do modelo, taxa de compressão, data e hora e o limite superior e inferior de SpO2 e pulse data. O registro de dados consiste de 8 bytes de dados de SpO2 e 8 bytes de informações sobre FC. Em uso normal o *trend dump* pode consistir de um registro de informações seguidas de 15 registros de dados repetidos até que os dados sejam *dumped*.

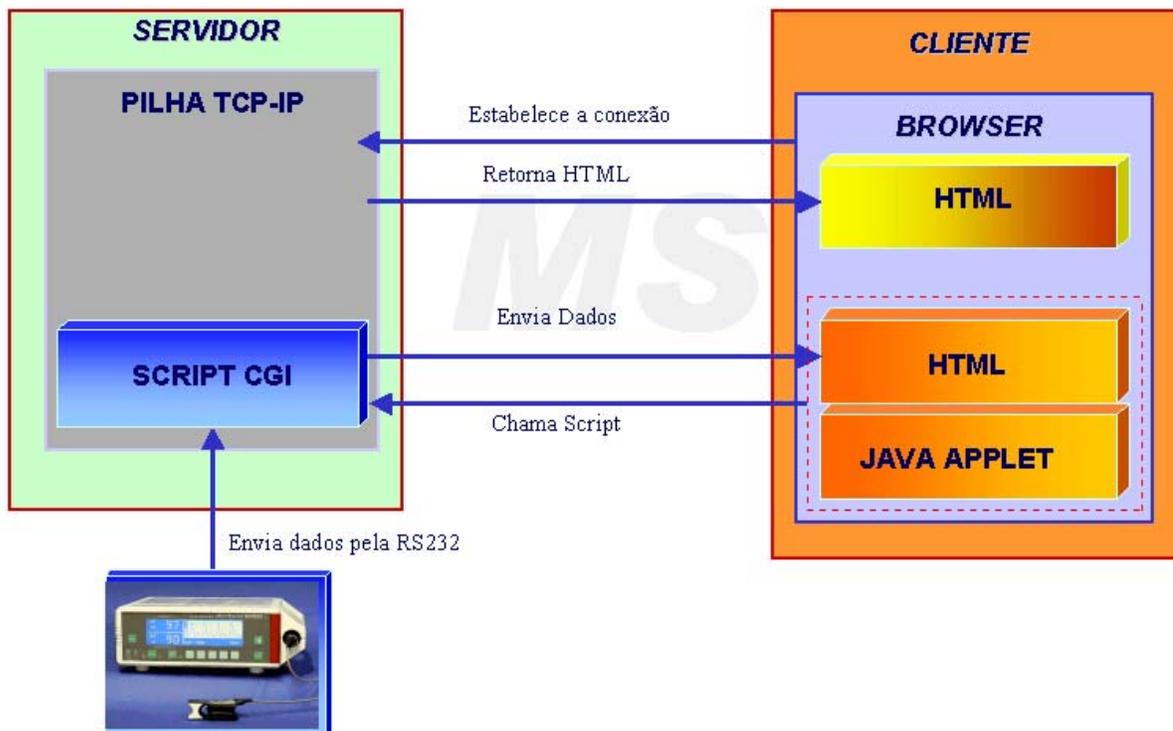


Figura (7.17) Visão Geral do *Trend mode*

A interação funcional pode ser vista na Figura (7.18), abaixo. Para a página *trend dump*, a qual contém uma *Java Applet*, outros *scripts CGI* são chamados para recuperar os dados da porta serial e enviar diretamente para o *browser*. Este processo é requerido por ser mais rápido que outros *scripts CGI* que movem os dados da saída para a *EEPROM* serial no chip *ATMEL*.

Um *ASCII '6'* é enviado para o oxímetro e aguarda a resposta. Na resposta, um caractere *ASCII '6'* é enviado, e a rotina *CGI* imediatamente inicia a recepção de dados e *dumping* para o *browser*.

A *applet Trend Dump* implementa na interface serial do oxímetro o modo *Trend Dump* para armazenar na memória os valores de SpO2 e taxa de pulsos em um determinado número de horas. Um script CGI, *getserialdata.cgi*, proporciona a comunicação com o oxímetro para mostrar a partir de determinada data. Os dados de *Trend Dump* são servidos no mesmo formato de saída do oxímetro Tabela (7.5).

O formato *Trend Dump* consiste em dois tipos de registros. O registro de INFO é o primeiro registro enviado e contém informações específicas dos registros de DADOS que virão a seguir. Em particular contém o tempo em que a primeira amostra foi registrada Figura (7.18).

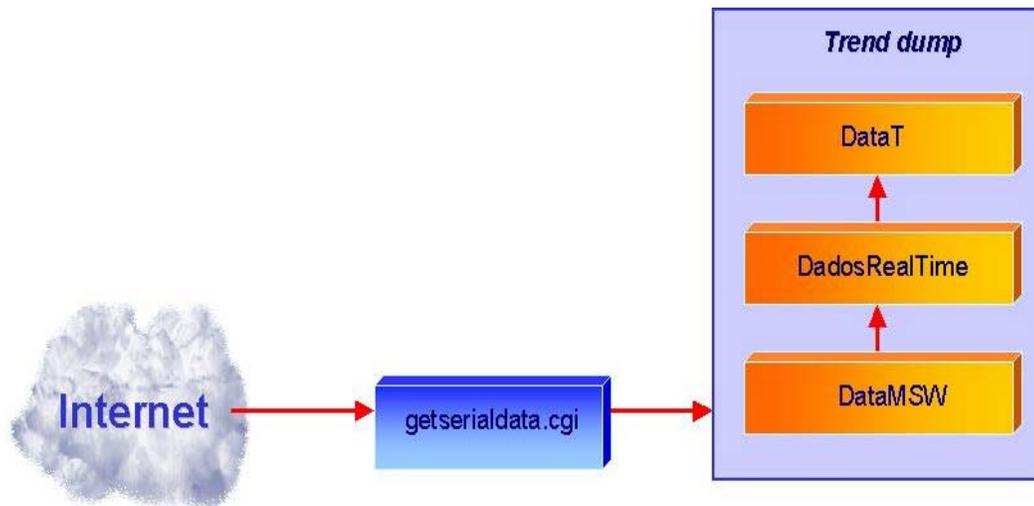


Figura (7.18) Interação entre os objetos e a applet Trend Dump

Cada registro de DADOS que segue contém 8 amostras de SpO2 e de valores de pulsos. Cada amostra é espaçada 8 segundos. Tipicamente 15 registros de DADOS seguem um registro de INFO, que então é seguido por outro registro de INFO. Entretanto, se a seqüência é interrompida (por exemplo, desligar o oxímetro), um novo registro de INFO será enviado para indicar a hora atual.

Também se deve observar que os dados contidos dentro dos registros são transmitidos em hexadecimal (*ASCII*). Uma seqüência real de dados do *script getserialdata.cgi* é mostrada na Tabela (7.6).



```

TFFFC02082637040C0A01645AC8300000
TFFFE02082F0B0B0C0A01645AC8300000
T40400000000000000000000000000000
T00000000000000000000000000000000
T00000000000000000000000000000000
T00000000000000000000000000000000
T0000000025272727000000005652403B
T2827282826272728383436394B464043
T272727272727272745444B4A49474848
T282727272727272743413F414342413F
T27272727272727272640414441454A4849
T2627272726272727494D454546444441
T2727272727272727434748464244454C
T2727A72727272727464344423E3D4142
T2727272727272627454B413E3F3E3D4A
T27272727262726274B423F3F444B4744
T272626272727272740424951464B504B

```

Tabela (7.6) Seqüência de dados do script `getserialdado.cgi`, quando conecta o oxímetro no modo Trend Dump (Mode 6) da interface serial.

Semelhante a *applet PulseOximeter*, a *applet TrendDump* instancia o objeto *DataMSW* que conecta *getseriald.cgi*. Em contraste ao *script CGI* usado na interface serial de tempo real, que constantemente é atualizada com novos valores da saída do oxímetro, o *script CGI trend dump* tem um único bloco de informações. Por esta razão, enquanto a *applet* lê cada linha do *script CGI*, o objeto *DataMSW* guarda um registro da posição da *applet* é até em leitura da linha.

Como cada linha é lida em uma seqüência que é passada como um parâmetro a um objeto *DataT* dentro da *applet*. Se o string passado for um registro de INFO, o objeto *DataT* criará um objeto *GregorianCalendar* baseado nos bytes da hora específica dentro do registro.

Se um registro de DADOS é passado, dois arrays são criados para conter os valores de SpO2 e índice de pulso obtidos do registro. Simultaneamente, a *applet* monta um *array* de objetos de *TrendData*, qual cada representa uma amostra tomada pelo oxímetro e contém os valores de data e hora em que ocorreu o evento e os valores de SpO2 e FC.

### 7.5.3 Informações sobre o paciente

As informações sobre o paciente são armazenadas na memória *EEPROM* interna do MSW. Estas informações incluem o nome do paciente, localização, número de identificação, e um pequeno comentário a respeito dele. Estes dados são salvos no MSW em uma página Web projetada com caixas para entrada de textos. Os dados são salvos via *scripts CGI*. Estes scripts trazem informações para os formulários *HTML* através de requisições e salvam em um endereço da *EEPROM*. A restauração da informação é feita por outro *CGI* que busca os dados na *EEPROM* e envia para o *browser*.

O oxímetro tem funções de controle limitadas e somente é possível ser acessada através da interface serial a função *clear trend*. Basicamente basta enviar um caractere *ASCII* 'c' para a interface do oxímetro e receber de volta um caractere 'c' e os dados são apagados na memória.

A data e hora são armazenadas no oxímetro para os registros de dados, podem ser verificadas enviando um caractere *ASCII* 'd' através da interface. As informações de data e hora são devolvidas no seguinte formato:

**d MMM/DD/YY hh:mm:ss<cr><lf>**

É enviado um caractere 'd' no início da transmissão dos dados enviados pelo oxímetro. Um *script CGI* identifica o caractere 'd' e mostra o restante da informação.

### 7.5.4 Monitorando a Temperatura

No monitoramento da temperatura foi utilizado o circuito integrado DS1621, fabricado pela *Dallas* Semicondutores e que será abordado de forma mais abrangente nesta seção. A aplicação para aquisição e monitoramento da temperatura está estruturada na página Web *realtime.htm*, construída com código html e um *script CGI*, denominado *temperatura.cgi*, que mostra o valor da temperatura atual do paciente.

Para a aquisição da temperatura são utilizadas as portas PD2 e PD7 do microcontrolador *AT90S8515*, através do conector DB25. A temperatura captada pelo chip sensor de temperatura *Dallas DS1621*, é apresentada na página Web *relatime.htm* tendo um mecanismo de *refresh* a cada 60s, o que possibilita retorno da temperatura real, online, ao MSW.

O sensor de temperatura, mostrado na Figura (7.19), escolhido foi o *DS1621*, da *Dallas Semiconductors* que apresenta as características básicas a seguir:

- Mede temperaturas de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$  com incrementos de  $0.5^{\circ}\text{C}$ ;
- A temperatura é lida como um valor de 9-bits;
- Converte a temperatura em uma palavra digital em 1 segundo;
- Os dados são lidos e escritos através de um barramento I2C.

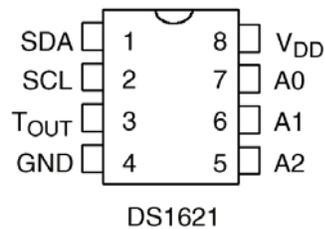


Figura (7.19) Sensor de Temperatura DS 1621  
Fonte: Dallas DS1621 – Data Sheet

A descrição dos pinos do sensor de temperatura é mostrada na Tabela (7.7) e a conexão destes ao MSW é mostrada na Figura (7.20).

Nome do Sinal	Descrição
SDA	Entrada e saída de dados serial
SCL	sinal de clock
GND	Ground
T OUT	sinal de saída de referência/termostato
A0	Entrada de endereçamento do chip
A1	Entrada de endereçamento do chip
A2	Entrada de endereçamento do chip
VDD	Tensão de alimentação da fonte

Tabela (7.7) Descrição dos Sinais do DS1621

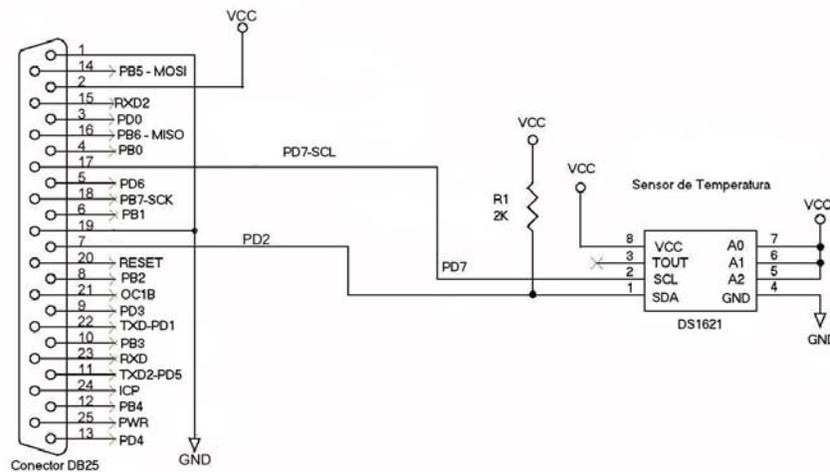


Figura (7.20) Conexão dos Sinais ao MSW

## 7.6 Resultados Obtidos

Para validação da implementação foi desenvolvido um protótipo de sistema em linguagem *Delphi 6*, este protótipo possibilita o monitoramento simultâneo dos sinais vitais de três pacientes, armazena as informações em uma base de dados e permite a emissão de relatórios. A Figura (7.21) mostra a tela principal do programa desenvolvido. A mesma apresenta se encontra dividida em três partes, para permitir a visualização simultânea dos sinais vitais SpO2, frequência cardíaca e temperatura.



Figura (7.21) Tela principal com a monitoração ativada.

O programa permite o monitoramento em tempo real, monitoramento das últimas 24 horas e histórico, individuais por paciente. Está implementada também a geração de alguns relatórios que podem ser visualizados na tela do monitor ou impressos, as Figuras a seguir ilustram outras funcionalidades do programa implementado.

Na Figura (7.25) alguns dados na figura forem coletados de forma aleatória e não obedecem a uma medição real como a saturação de oxigênio.

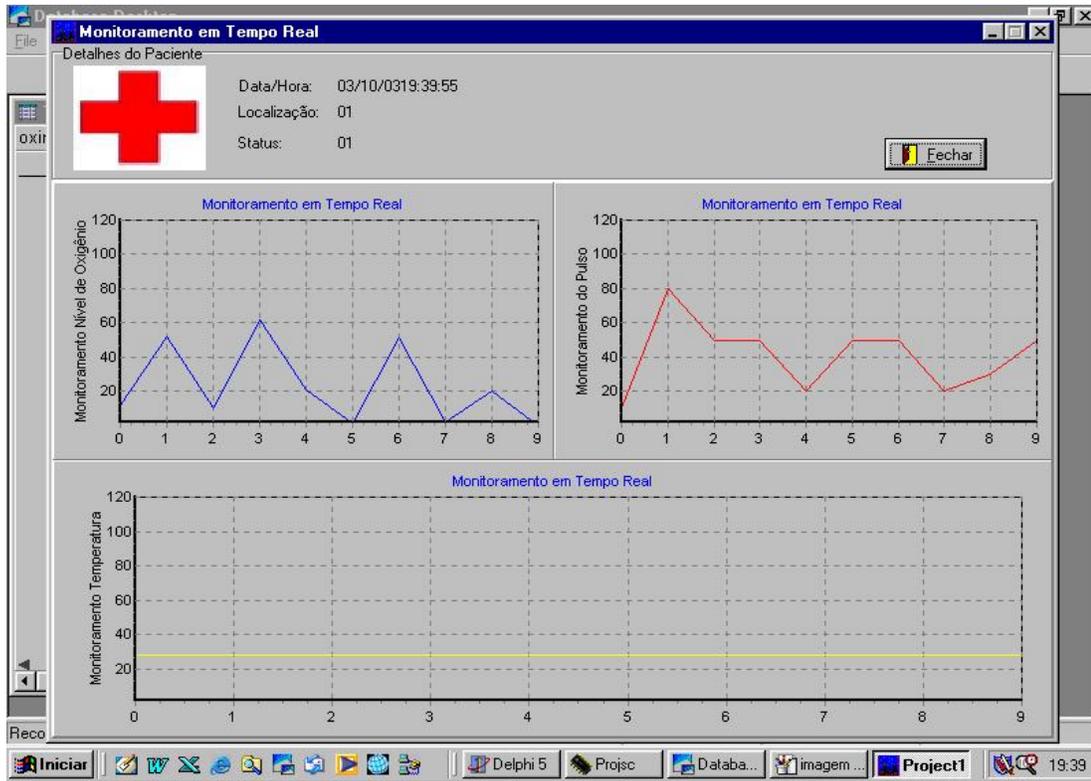


Figura (7.22) Ondas de SpO2, FC e TC

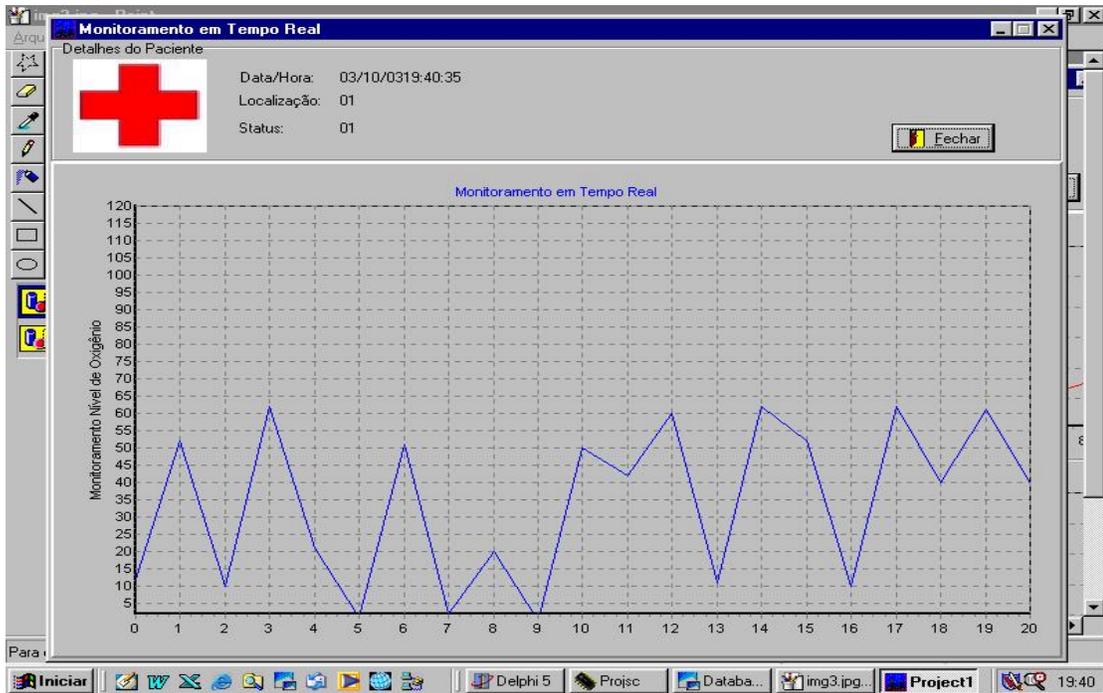


Figura (7.23) Expansão da Onda de SpO2

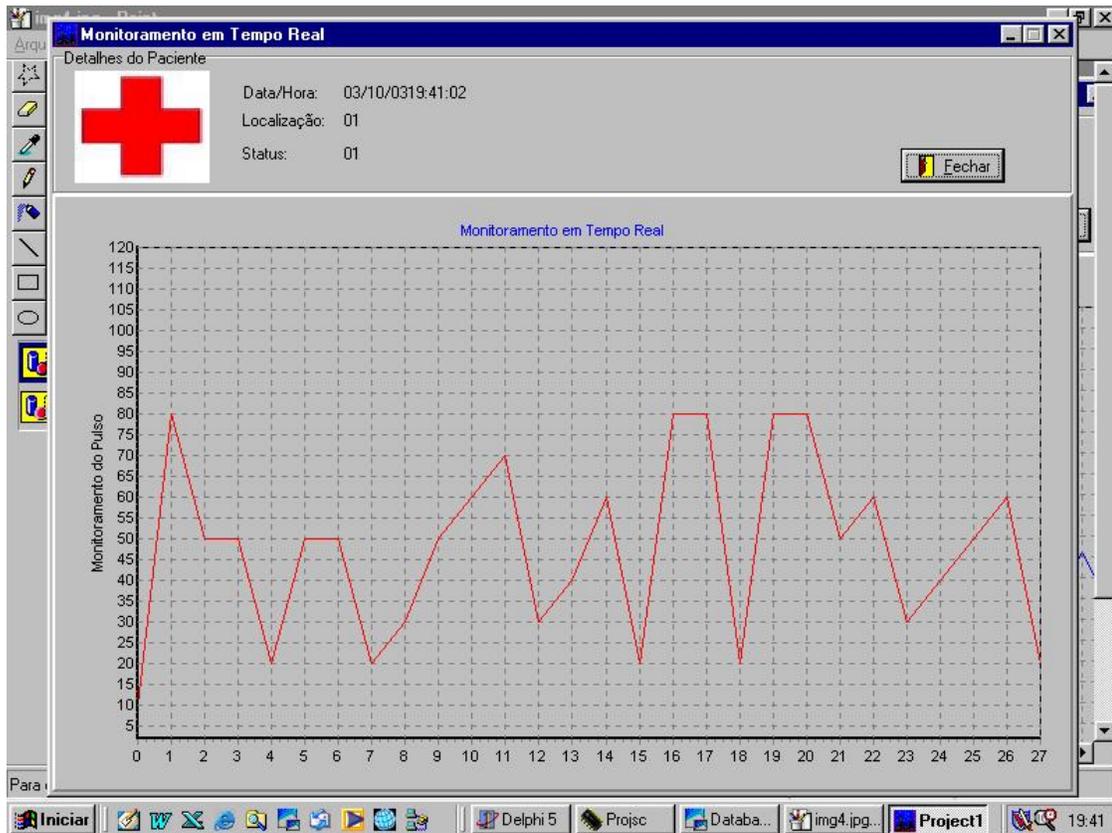


Figura (7.24) Expansão da Onda de FC

**Relatório Paciente UTI**

Localização: Not Set

Data	Hora	Saturação %	Frequencia Pulsos	Temperatura	Status
03/10/03	13:08:31	11	20	23	1
03/10/03	13:08:35	11	20	28	1
03/10/03	13:08:37	11	20	30	1
03/10/03	13:12:33	40	70	32	1
03/10/03	13:12:37	22	70	32	1
03/10/03	13:12:41	50	40	32	1
03/10/03	13:12:46	32	40	32	1
03/10/03	13:12:48	10	70	32	1
03/10/03	13:12:52	31	80	31	1
03/10/03	13:12:56	62	50	31	1
03/10/03	13:13:00	41	50	32	1
03/10/03	13:13:04	22	80	32	1

Page 1 of 3

Figura (7.25) Tipo de relatório gerado

Os dados para utilização no sistema desenvolvido foram obtidos de duas maneiras. A primeira foi utilizando o oxímetro de pulso *DX-2405* da empresa *Dixtal* conectado ao MSW e a segunda foram utilizando um simulador de oxímetro desenvolvido especialmente para esta implementação. O simulador desenvolvido fornece as informações em formato similar ao oxímetro. O desenvolvimento do simulador deveu-se ao fato da impossibilidade de poder contar com um oxímetro pelo tempo necessário para desenvolver e testar a implementação.

Ao receber as solicitações nos formatos anteriormente abordados, *RealTime* e *TrendDump*, o simulador responde enviando *strings* de dados dentro do padrão do oxímetro e valores aleatórios para os dados de SpO2 e FC. Para a construção do simulador foi necessário um estudo detalhado do protocolo de comunicação serial do oxímetro. A Figura (7.26) abaixo ilustra a tela de conexão do simulador. Também estão implementadas no simulador as funções de retorno de data e hora e para apagar os dados do oxímetro.



Figura (7.26) Tela de comunicação do Simulador

## 7.7 Conclusão

Neste capítulo apresentou uma descrição detalhada de uma implementação do modelo proposto, mostrando uma forma de validação dos sinais vitais e os resultados obtidos desta validação. No próximo capítulo serão apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

## 8. Conclusões e Perspectivas Trabalhos Futuros

Este capítulo discute possíveis caminhos de futuros desenvolvimentos que podem ser feitos a partir do sistema objeto desta tese. Em particular, de discutir a necessidade de agregar e suportar outros tipos de equipamentos médicos de monitoramento de sinais vitais, as possibilidades e requerimentos para conexão à Internet através de outros meios, diferentes da *Ethernet*, e o assunto acerca da segurança. Finalmente, este capítulo discute as possibilidades em longo prazo de futuros desenvolvimentos que este sistema poderá oferecer.

Fazendo uma ligação entre os objetivos desta tese e as conclusões que forem alcançadas. Com relação o objetivo geral da tese foi obtido um modelo de monitoração dos pacientes numa Unidade de Terapia Intensiva, utilizando tecnologia Micro Servidor Web. Com relação os objetivos específicos, foi possível demonstrar a aplicabilidade e versatilidade da ferramenta de baixo custo desenvolvida no Rexlab/UFSC. Foi facilitada a monitoração dos sinais vitais do paciente na UTI como (SpO<sub>2</sub>),(FC) e (TC).

Foi alcançado a aquisição, armazenamento e recuperação dos dados clínicos, através do Micro Servidor Web. Foi possível também observar remotamente os sinais vitais dos pacientes via Web. Foi construída uma interface amigável para deixar a integração como os médicos mais flexíveis conforme mencionado no capítulo (7). A interação do modelo da monitoração com a tecnologia do Micro Servidor Web possibilita a otimização dos custos da monitoração, é muito importante destacar que os valores dos monitores existente no mercado através uma pesquisa que foi feita nas empresas fabricantes destes monitores e que mostrou que esses valores são muitos elevados, cabe destacar aqui também que o modelo permiti trabalhar com equipamentos de fabricantes diferentes. Como os objetivos alcançados, este tese contribui para as pesquisas na área de monitoração de UTIs.

Acredito que a presente tese, vem provar não só a viabilidade de seu modelo e a sua proposta de uma arquitetura de implementação baseada em dotar equipamentos médicos para monitoramento de sinais vitais, das facilidades dos recursos da Internet embutidos nestes tornando estes equipamentos mais flexíveis e de fácil adaptação às necessidades que se apresentam, de grande qualidade, mas também proporcionar conseqüentemente, a maximização

dos benefícios a baixos custos. Deve ser ressaltada a possibilidade de utilização do modelo em vários equipamentos e da aplicação do mesmo em rotinas de testes, calibração e manutenção destes equipamentos.

Também cabe destacar as dificuldades encontradas ao longo deste trabalho. A principal delas foi em relação ao escasso material a respeito de equipamentos hospitalares e os obstáculos impostos pelos fabricantes que não permitem acesso às informações técnicas a respeito destes. Esta dificuldade nos levou a ter que analisar o protocolo de comunicação de dados de um oxímetro e a partir destes estudos foi desenvolvido um simulador para a substituição do mesmo nos teste de validação do modelo.

Outra dificuldade encontrada foi a pouca disponibilidade de equipamentos de monitoramento de sinais vitais, que pudesse estar a nossa disposição para os testes, esta dificuldade é observada nitidamente na implementação, pois esta previa a utilização de monitor que pudesse apresentar os sinais vitais: Spo2, FC, TC, PAS e PAD, porém diante da impossibilidade de contar com este tipo de equipamento o modelo foi validado com um número menor de sinais vitais.

Uma limitação do modelo implementado é que a conexão com um equipamento de monitoramento é possível somente quando este dispõe de interface serial, isto se dá porque o software cliente do MSW foi projetado para as especificações da interface serial. Uma das implementações futuras para o modelo deverá ser prover suporte para a conexão com equipamentos que utilizem interface USB, conseqüentemente, provendo o modelo de uma interface largamente utilizada, permitindo, então, o suporte a outros tipos de equipamentos existentes no mercado.

Uma das tendências da medicina é que os pacientes venham a receber atendimento médico em suas residências. Este tipo de monitoramento remoto permitiria ao médico efetuar acompanhamento do paciente através do monitoramento de sinais vitais e a partir destes e utilizando uma base de dados disponíveis efetuar diagnósticos e prognósticos. Esse procedimento poderia reduzir o número de deslocamentos de pacientes até os hospitais e postos de atendimento como também contribuiria para a diminuição da superlotação nestes estabelecimentos, o que se

constitui em fator preocupante nos dias atuais. Nos dias atuais dispor de conexões à Internet, quer comerciais ou residenciais, não apresenta dificuldades nem custos elevados.

O modelo implementado possibilita o monitoramento de sinais vitais na Web através de uma conexão *Ethernet* (10Base-T), limitando o uso do dispositivo dentro de uma *LAN*, não podendo fazer assim uso de suas características na ausência de tal infra-estrutura. Isto traz um problema, ou seja, prover a possibilidade de monitoramento remoto em um local onde não está disponível a conexão através de uma *LAN*, este é o caso da maioria das residências.

Isto sugere então, que seria apropriado para um desenvolvimento adicional do sistema à possibilidade de acesso via Web através de um meio diferente da *LAN*, como conexões baseadas em modem, interface *wireless*, ou até mesma comunicação baseada em satélite, permitindo o monitoramento a partir de uma ambulância, ou seja, monitorando o paciente que se encontra na ambulância permitindo assim que os especialistas pudessem visualizar os sinais vitais antes da chegada deste paciente ao hospital.

Conhecendo o estado do paciente, prévio a sua chegada ao hospital, o médico estaria preparado para atuar rapidamente de acordo a seu pré-diagnóstico. Sabe-se que em alguns casos críticos os minutos de demora provocam no pacientes situações irreversíveis de gravidade. Estas demoras são acentuadas nas grandes cidades onde o tráfego é intenso e em consequência as ambulâncias ocupam muito tempo para chegar ao hospital.

A presente implementação não contempla técnicas para a análise dos dados armazenados no servidor de dados. Os dados históricos sobre pacientes, armazenados no banco de dados, podem servir como base para estudo de casos para alunos de cursos de medicina, desde que permanecendo no anonimato os nomes dos pacientes com isso respeitando os preceitos da ética. A ampliação da implementação neste sentido permitiria a determinação de séries históricas de informações contidas no banco de dados que possibilitem o estudo e acompanhamento de determinado caso médico, de acordo com a área de especialização, mantendo os dados que identifiquem o paciente no anonimato.

## 9. Referências Bibliográficas

AHLGREN, A. & HALBERG, F. Cycles of nature: **an introduction to biological rhythms**. Washington: DC: National Science Teachers Association, 1990.

BENTO, J. S. **Monitoramento, aquisição e controle de sinais elétricos, via web, utilizando microcontroladores**. Florianópolis: Dissertação de Mestrado, 2002. 110 p

CHEONG, IR. Privacy and Security of Personal Health Information. **Journal of informatics in primary care**, 1996.

CENTROS DE ENGENHARIA BIOMÉDICA NO BRASIL. Disponível em: <[www.cpgei.cefetpr.br/cefet/pesquisa/biomedica/ebbrasil.html](http://www.cpgei.cefetpr.br/cefet/pesquisa/biomedica/ebbrasil.html)>. Acesso em: 22 mar. 2003.

CENTRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE DA UNIFESP. Disponível em: <[www.epm.br/cis](http://www.epm.br/cis)>. Acesso em: 22 mar. 2003.

CONSÓRCIO DE COMPONENTES DE SOFTWARE PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÃO EM SAÚDE. Disponível em: <[www.sbis.epm.br/ccsus/index.htm](http://www.sbis.epm.br/ccsus/index.htm)>. Acesso em: 22 mar. 2003.

COORDENAÇÃO DE INFORMÁTICA DO HC-USP. Disponível em: <[www.hcnet.usp.br](http://www.hcnet.usp.br)>. Acesso em: 22 mar. 2003.

DATASUS. Disponível em: <[www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br)>. Acesso em: 19 abr. 2003.

DEGOULET, P.; JEAN, F.C.; ENGELMANN, U. et al. **Hospital information systems: design and development characteristics; impact and future architecture**. Elsevier. IN: Medical Application Development and Helios Software Engineering Environment. H.U. Prokosch, J.Dudeck, 1995. p. 3-15.

DETMER, W.M.; SHORTLIFFE, E.H. Using Internet to Improve Knowledge Diffusion in Medicine. **Communications of the ACM**, 1997.

DISCIPLINA DE INFORMÁTICA MÉDICA DA FMUSP. Disponível em: <[www.usp.br/medicina/fm.html](http://www.usp.br/medicina/fm.html)>. Acesso em: 19 abr. 2003.

DIVISÃO DE INFORMÁTICA DO INCOR. Disponível em: <[www.incor.usp.br/portugues/divisoes\\_servicos/div\\_informatica/publico.html](http://www.incor.usp.br/portugues/divisoes_servicos/div_informatica/publico.html)>. Acesso em: 19 abr. 2003.

DOWNIE, Patricia A. **Fisioterapia nas enfermidades cardíacas, torácicas e vasculares**. São Paulo: Panamericana, 1987.

DUJAT, C; HAUX, R.; SCHMÜCKER, P.; WINTER, A.. Digital Optical Archiving of Medical Records in Hospital Information Systems: a practical approach towards the computer-based patient record. **Methods of information in medicine**, 1995.

EDWARD, H.; LESLIE, E. **Medical informatics: computer applications in health care**. USA: Addison-Wesley, 1990.

EGNITE, Ethernut. **Hardware manual**. Disponível em: <<http://www.ethernut.de/de/index.html>>. Acesso em 14 fev. 2003.

EVANS, R.S.; PESTOTNIK, S.L.; GARDNER, R.M. **Hospital information systems: design and development characteristics; impact and future architecture**. Elsevier. IN: Evaluating the impact of computer-based drug monitoring on the quality and cost of drug therapy. PROKOSCH, H.U.; DUDECK, J., 1995. p. 201-20.

FERRARA, F.M. Architecture of health information systems: state of the art and new perspectives. **International journal of radiological sciences**. v. 21, n. 2, p. 152-72, 1996.

FORD, R. **Embedded system monitoring architectures and costa**. Department of Computer Science, IEEE, University of Kansas, p. 237-244, ago. 2003.

FREYER, S. **A \$25 web server**. Circuit Cellar Online. Disponível em: <<http://www.chipcenter.com/circuitcellar/july99/c79b11.html>>. Acesso em: 15 jan. 2003.

GIORGI, D.M.A.; SERRO AZUL, J.B.; WANJGARTEN, M. **Variabilidade da pressão arterial em idosos hipertensos: importância da detecção da hipertensão do jaleco branco**. Arq. Bras. Cardiol, v. 2, n. 61, p. 103, 1995.

GOMES, A. M. **Planta física, equipamento e dotamento de pessoal**. IN: Enfermagem na Unidade de Terapia Intensiva, 1988. p. 17-31.

GREENES, R.A. et al. **The design and development of a fully integrated hospital information system**. IMIA: Medinfo 95 Proceedings, 1995. 569 p.

\_\_\_\_\_. **The implementation of security in health care information systems: closing the gap between theory and practice**. IMIA: Medinfo 95 Proceedings, 1995. 648 p.

GRUMET, G.W. Pandemonium in the modern hospital. **N.Engl.J.Med.** v.328, p.433-437, 1993.

GRUPO TEMÁTICO DE SAÚDE DO COMITÊ GESTOR INTERNET BRASIL. Disponível em: <[gts1.incor.usp.br](http://gts1.incor.usp.br)>. Acesso em 22 mar. 2003.

GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica**. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

GUNDERSEN, M.L.; HAUG, P.J.; PRYOR, T.A.; BREE, V.R.; KOEHLER, S.; BAUER, K.; CLEMONS, B. Development and evaluation of a computerized admission diagnoses encoding system. **Computers and biomedical research**, v. 29, p. 351-372, 1996.

HANNELORE, M. S. R. N. **Enfermagem na unidade de Tratamento Respiratório Intensivo**. São Paulo, 1982.

HARRIS, D. **Systems analysis and design: a project approach**. USA: The Dryden Press, 1995.

HEWLETT, P. **HP brings the power of the internet to printing**. Disponível em: <<http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press/20mar01a.html>>. Acesso em: 20 dez. 2002.

HUDSON, D. L. Design of the intensive care unit from a monitoring point of view. **Respir Care**, v.30, p.549-559, 1985.

HUFF, S.M.; CIMINO, J.J. Hospital Information Systems: Design and Development Characteristics; Impact and Future Architecture. Elsevier. **Medical data dictionaries and their use in medical information system development**. USA: PROKOSCH, H.U.; DUDECK, J., 1995. p. 53-75.

HUNG, K.; ZHANG, Y.T. Implementation of a WAP-Based telemedicine system for patient monitoring. **IEEE Trans. Inf. Tech. Biom.** v. 7, n. 2, p. 101-107, jun. 2003.

Dolores, L., M. **Manual de procedimentos básicos de Enfermagem**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1996.

JOHANSTON, H. Sistemas de informação hospitalar: presente e futuro. **Informédica**. v.1, n. 2, p. 5-9, 1993.

KAPLAN, B. **An evaluation model for clinical information systems: clinical imaging systems**. IN: Medinfo '95: Eighth World Congress on Medical Informatics, 1995.

\_\_\_\_\_. **Evaluation methods in medical informatics**. IN: Organizational Evaluation of Medical Information Resources. USA: Springer-Verlag; 1997.

KAPLAN, B.; HEBERT, M. People and organizational issues: Jamie special issue. **Organizational issues in medical informatics**. Springer-Verlag, v. 4, n. 1, 1997.

KAUFMAN, D.M. Integrating medical informatics into an undergraduate medical curriculum. **Medinfo 95 Proceedings**, 1995.

KEEP, P.J. Stimulus deprivation in windowless rooms. **Anaesthesia**. v. 32, p. 598- 602, 1977.

KELLY, W.J.W.; O'BRIEN, J.; BAARTZ, S.; ZELCER, J. Clinical information systems and quality of care in the intensive care unit. **Medinfo 95 Proceedings**, 1995.

KOIZUMI, M. S. O atendimento da enfermeira em relação à necessidade de auto-imagem. **Enf. Novas Dimens**. v. 1, n. 2, p. 69-74, 1975.

LAUDON, K.C.; LAUDON, J. P. **Information systems: a problem-solving approach**. 3 ed. USA: Dryden, 1995.

MAGRABI, F.; LOVELL, N. H.; CELLER, B. G. Web based longitudinal ECG monitoring. **Proc. 20th Annu. Int. Conf. IEEE EMBS**, v. 20, n. 3, p. 1155–1158, 1998.

MARIA, I.S.C. **Manual de procedimentos básicos de Enfermagem**. Rio de Janeiro, 1996.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Departamento de Normas Técnicas: Normas para Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. Brasília: Secretaria de Assistência à Saúde, 1995. p.140

\_\_\_\_\_. **Normas e Padrões de Construções Instalações de Serviços de Saúde**. Brasília: Secretaria Nacional de Organização e Desenvolvimento de Serviços de Saúde, 1987, p.25 e 87.

NELSON, L.D. Ventilatory support of the trauma patient with pulmonary contusion. **Respir Care Clin N Am**. v.2, n. 3, p. 425-447, set. 1996.

NETBURNER. **Pricing Information**. Disponível em: <<http://netburner.com/pricing.html>>. Acesso em 15 jan. 2003.

NÚCLEO DE INFORMÁTICA BIOMÉDICA DA UNICAMP. Disponível em: <[www.nib.unicamp.br](http://www.nib.unicamp.br)>. Acesso em 22 mar. 2003.

NÚCLEO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS EM SAÚDE Disponível em: <[www.nutes.ufrj.br](http://www.nutes.ufrj.br)>. Acesso em abr. 2003.

PADILHA, K.G. et al. Estrutura Física das Unidades de Terapia Intensiva do Município de São Paulo. **Revista brasileira de terapia intensiva**. v. 9, n. 2, p. 71-76, 1997.

PARK, S. et al.. Real-time monitoring of patient on remote sites. **Proc. 20th Annu. Int. Conf. IEEE EMBS**. v. 20, n. 3, p. 1321–1325, 1998.

PIERGEORGE, A .R.; C.F.L.; C., D.M. Designing the critical care unit: a multidisciplinary approach. **Crit Care Med**, v. 11, p. 541-545, 1983.

POLLARD, J.K ; ROHMAN, S.; FRY, M.E. A web-based mobile medical monitoring system. **International workshop on intelligent data acquisition advanced computing system: technology and applications**. Ukraine, 1-4 July, 2001.

PROJETO LÂMPADA DA UERJ. Disponível em: <[www.lampada.uerj.br](http://www.lampada.uerj.br)>. Acesso em 19. abr. 2003.

PROKOSCH, HU. Hospital information systems: design and development characteristics; impact and future architecture. elsevier. IN: Hospital information systems: a pragmatic definition. USA: PROKOSCH, H.U.; DUDECK, J., 1997. p. xiii-xv.

RABBIT, Semiconductor. **Rabbit2000 TCP/IP Development Kit**. Disponível em: <[http://rabbitsemiconductor.com/products/rab20\\_tcpip/rab20\\_tcpip\\_devkit.html](http://rabbitsemiconductor.com/products/rab20_tcpip/rab20_tcpip_devkit.html)>. Acesso em: 15 jan. 2003.

RAYMOND, MCLEOD; CHARLES STEWART, J. **Information Systems Concepts**. USA: Macmillan, 1994.

REBELO, Marina et al. **vMon-mobile: experiência na integração de monitores de sinais vitais ao PEP utilizando tecnologia de redes sem fio**. São Paulo: Serviço de Informática, Instituto do Coração (InCor), 2002.

RELMAN, A.S. Intensive care units: who needs them?. **N. Engl. J. Med.** v. 302, p. 965, 1980.

REVISTA INFORMÁTICA MÉDICA. Disponível em: <[www.epub.org.br/informaticamedica](http://www.epub.org.br/informaticamedica)>. Acesso em: 19 abr. 2003.

SAFRAN, C. Hospital information systems: design and development characteristics; impact and future architecture. elsevier. IN: Hospital information systems: a pragmatic definition. USA: PROKOSCH, H.U.; DUDECK, J., 1995. p. 175-187.

SAWREY, J. M. et al. **Padrões de comportamento defensivo**. IN: Psicologia do ajustamento. São Paulo: Cultrix, 1974. p. 29-54.

SCHMIDT, G. **Beginner's introduction to AVR assembly language**. Disponível em: <[http://www.dg4fac.de/avr/avr\\_em](http://www.dg4fac.de/avr/avr_em)>. Acesso em: 06 fev. 2003.

SCHWARTZ, S. et al. How many intensive care beds does your hospital need? **Crit Care Med.** v.9, n. 9, p. 625, 1981.

PARK, Seung-Hun; PARK, Jung-Hyun; RYU, Se-Hyoun. **Real-time monitoring of patients on remote sites**. IN: Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, v. 20, n. 3, 1998.

SILVA, H.B; GIORGI, D.M.A e Lima, J.J.G. Hipertensão arterial. IN: Ghorayeb, N.; MENEGHELO, R.S. Diagnóstico em Cardiologia. São Paulo: Atheneu, 1997. p. 379-389.

SIMMONS, B. et al. The role of handwashing in prevention of endemic intensive care unit infections. **Infect Control Hosp Epidemiol.** v.11, p.589-594, 1990.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA BIOMÉDICA. Disponível em: <[www.peb.ufrj.br/~sbeb](http://www.peb.ufrj.br/~sbeb)>. Acesso em: 19 abr. 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA EM SAÚDE. Disponível em: <[www.sbis.epm.br](http://www.sbis.epm.br)>. Acesso em: 19 abr. 2003.

SOUTAR, R.L.; W., J.A. Does hospital noise disturb patients? **BMJ.** v.292, p.305, 1986.

SYRAN, Lowe; HARDES, G. A quantitative approach to quality improvement and resource allocation. **Journal of quality in clinical practice**, v. 15, 1995.

TASK, F. On guidelines, society of critical care medicine: guidelines for categorization of services for the critically ill patient. **Crit Care Med.** v. 19, p. 279-285, 1991.

TIERNEY, W.M. et al. Computerizing guidelines to improve care and patient outcomes: the example of heart failure. **Journal of the american medical informatics association**, 1995.

TIN WONG, E.; ABENDROTH, T.W. Reaping the Benefits of Medical Information Systems. **Academic medicine.** v. 71, 1996.

TYRER, F et al. Building a research database from computerised general practice records. **Journal of informatics in primary care**, 1996.

WINTER, A.; HAUX, R. A three-level graph-based model for the management of hospital information systems. **Methods of Information in Medicine.** v. 34, p. 378-396, 1994.

WEDEL, S.M.D et al. Guidelines for intensive care unit design: guidelines/practice parameters committee of the American College of Critical Care Medicine, Society of Critical Care Medicine. v. 23, n. 3, p. 582-588, 1995.

SHOEMAKER, M.D.; WILLIAM, C. **CRITICAL CARE.** 3 ed. Los Angeles, 1995.

YANG, B.; RHEE, S.; ASADA, H. H. A twenty-four hour tele-nursing system using a ring sensor. **Proc. 1998 IEEE Int. Conf. Robotics Automation.** p. 387-392, 1998.