



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**MODELO INTEGRADO DE COMPUTAÇÃO PERVASIVA
PARA AMBIENTE MÉDICO HOSPITALAR DE
TRATAMENTO INTENSIVO**

LEANDRO OLIVEIRA LEÃO

ORIENTADOR: PROF. Dr. ENG. RUBEM DUTRA RIBEIRO FAGUNDES

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
LINHA DE PESQUISA: PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS E ENGENHARIA
BIOMÉDICA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO
REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

PORTO ALEGRE, MAIO DE 2007.

LEANDRO OLIVEIRA LEÃO

**MODELO INTEGRADO DE COMPUTAÇÃO PERVASIVA
PARA AMBIENTE MÉDICO HOSPITALAR DE
TRATAMENTO INTENSIVO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da
Faculdade de Engenharia da Pontifícia
Universidade Católica do Rio Grande do Sul

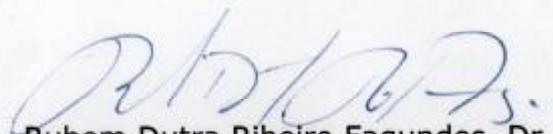
Orientador: Prof. Dr. Eng. Rubem Dutra Ribeiro Fagundes

PORTO ALEGRE, MAIO DE 2007.

**"MODELO INTEGRADO DE COMPUTAÇÃO PERVASIVA
PARA AMBIENTE MÉDICO HOSPITALAR DE
TRATAMENTO INTENSIVO"**

LEANDRO OLIVEIRA LEÃO

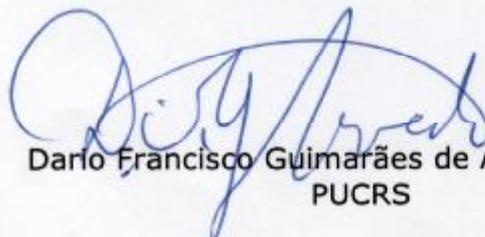
Esta dissertação foi julgada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.


Rubem Dutra Ribeiro Fagundes, Dr.
Orientador

Daniel Ferreira Coutinho, Dr.
Coordenador
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:


Rubem Dutra Ribeiro Fagundes, Dr.
Presidente - PUCRS


Darío Francisco Guimarães de Azevedo, PhD.
PUCRS


Fabiano Passuelo Hessel, Dr.
PUCRS

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que, em algum momento das suas vidas, passaram por etapas difíceis, onde tiveram que baixar a cabeça e lutar pelos seus ideais, passando muitas vezes pela incompreensão de muitos, pela falta de oportunidades, pela falta de perspectiva de um retorno financeiro, e ainda assim tendo que concentrar-se naquilo que almejavam.

Dedico também a todos aqueles que me apoiaram e me socorreram enquanto navegava por esses mares turbulentos, que ficaram ao meu lado ou compreenderam minha ausência, embora estivéssemos sempre juntos em pensamento.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros e profundos agradecimentos a todos aqueles que, de uma forma ou outra, contribuíram e auxiliaram na construção dessa conquista e superação de tantos obstáculos. Em especial:

A Deus pela força e pela luz que guiou meus caminhos e me fez capaz na realização dessa dissertação.

Aos meus pais e irmãs pela vida moldada através do exemplo, dedicação e perseverança.

Ao professor Rubem Dutra Ribeiro Fagundes, pela visão, incentivo e colaboração na orientação desse trabalho.

Aos professores Fabiano Hessel e Dario Azevedo pelas preciosas contribuições para esse trabalho final.

Aos demais professores do PPGE pela honra em compartilhar conosco um pouco de tão vasto conhecimento.

Aos colegas do curso, em especial ao Murilo, Ricardo e Iuberí, pelos momentos de suporte nessa difícil caminhada. Espero que a amizade surgida, oriunda desses momentos, perdure além dos bancos acadêmicos.

A todos os integrantes do programa pela dedicação e apoio em todos os processos.

Aos amigos que tanto apoiaram essa fase e demonstraram compreensão e paciência por tantas ausências.

Aos colegas do Grupo Hospitalar Conceição pelo apoio e compreensão dessa fase.

E finalmente, de uma maneira muito especial e com todo o amor do mundo, à minha eterna namorada, companheira de todas as horas, constante incentivadora, Fernanda. Sem ela, esse trabalho não teria chegado até aqui.

A todos vocês, caríssimos, recebam o meu mais profundo agradecimento.

RESUMO

A telemedicina tem aproximado cada vez mais o paciente de seus cuidadores (corpo clínico e assistencial), tornando possível consultas, exames, avaliações, segunda opinião e tantas outras modalidades quando a distância é fator presente e limitador na atuação de maneira convencional. No entanto, em nenhum dos casos, é apresentada uma garantia de recebimento dos pacotes de dados e muito menos é gerenciada a transmissão dos sinais envolvidos. Normalmente a estrutura de comunicação de dados hospitalares é a legada da instituição de saúde e a transmissão se baseia no “melhor esforço”, sem nenhuma prioridade. O Modelo Integrado de Computação Pervasiva Para Ambiente Médico Hospitalar de Tratamento Intensivo pretende regularizar ou reduzir essas deficiências e melhorar o nível de qualidade desse tipo de atendimento. Para tanto, foram analisados os sinais biomédicos envolvidos, os tempos de resposta aceitáveis entre outros pontos. No final do trabalho, é apresentado o resumo das premissas geradas a partir dessa pesquisa como os requisitos mínimos necessários para a implementação do modelo em ambiente real. Além disso, é avaliado o desempenho de uma rede implementada em ambiente hospitalar, com os seus atrasos e os seus impactos na transmissão do sinal.

Palavras-Chave – Computação pervasiva, Ubíqua, Unidade de Tratamento intensivo, UTI, CTI.

ABSTRACT

The telemedicine has approached each time more the patient of its health care (clinical and assistencial body), having become possible consultations, examinations, evaluations, second opinion and as much other modalities when in the distance it is present and limiter factor in the performance in conventional way. However, in none of the cases, a guarantee of act of receiving of the packages of data is presented much less is managed the transmission of the involved signals. Normally the data communication structure is bequeathed of the institution of health and the transmission if it bases on the “better effort”, without any priority. The Integrated Model of Pervasive Computing for Hospital Medical Environment of Intensive Treatment intends to regularize or to reduce these deficiencies and to improve a level of quality of this type of attendance. For in such a way, the involved biomedical signals, the acceptable times of reply had been analyzed among others points. In the end of the work, the summary of the premises generated from this research is presented as the necessary minimum requirements for the implementation of the model in real environment. Moreover, the performance of a net implemented in hospital environment is evaluated, with its delays and its impacts in the transmission of the signal

Keywords– Pervasive computing, ubiquitous, Intensive Care Unity , ICU.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da quantidade de leitos em UTI's e Unidades Intermediárias no Rio Grande do Sul e Brasil	17
Tabela 2 – Resumo da quantidade de leitos hospitalares em alguns países.....	18
Tabela 3 – Relação ideal de leitos totais e de UTI para o Brasil e o Rio Grande do Sul	19
Tabela 4 – Quantidade e densidade de médicos e enfermeiros em diversos países	19
Tabela 5 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos de Diagnóstico por Imagem	20
Tabela 6 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos de Infra-Estrutura	21
Tabela 7 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos de Manutenção da Vida	21
Tabela 8 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos por Métodos Gráficos ..	21
Tabela 9 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos por Métodos Ópticos....	21
Tabela 10 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Outros Equipamentos.....	22
Tabela 11 – Quantidade de sensores de sinais biomédicos analisados por alguns monitores multiparamétricos ..	48
Tabela 12 – Distribuição de sinais por receptores (1 indica recepção).....	58
Tabela 14 – Classificação dos equipamentos e suas características.....	62
Tabela 15 – Distribuição dos dados pelos vários perfis	65
Tabela 16 – Status dos médicos em relação aos pacientes	66
Tabela 17 – Tabela final de relação entre mensagens e destinos	66
Tabela 18 – Tabela de decisão de re-envio de mensagem.....	70
Tabela 19 – Prioridades dos sinais.....	72
Tabela 20 – Estrutura do datagrama.....	73
Tabela 21 – Classificação dos sinais por prioridade	80
Tabela 22 – Prioridades e períodos dos sinais envolvidos	82
Tabela 23 – Tabela de decisão para o descarte de registros já processados e não armazenados na central de registros.....	86
Tabela 24 – Estrutura da tabela de destino.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – modelo de comunicação dos EMH's para os dispositivos interligados à rede do hospital.	14
Figura 2 – exemplo de telecirurgia – a cirurgia ocorre (a) pelas mãos do cirurgião distante (b).....	33
Figura 3 - Exemplo de imagem usada em teleradiologia (Sistema RVScreen).....	34
Figura 4 – Exemplos de recepção de diversos sinais dos sistemas comerciais de monitorização de paciente	34
Figura 5 – telas do programa medplot	35
Figura 6 – Visão Simplificada de um Sistema em Tempo Real	36
Figura 7 – exemplo de uma tarefa periódica	39
Figura 8 – exemplo de uma tarefa aperiódica	40
Figura 9 – Projeção da evolução das vendas de computadores, com a emergência da terceira onda, a computação pervasiva	42
Figura 10 – Diagrama esquemático dos vários níveis envolvendo o modelo integrado de computação pervasiva em ambiente hospitalar de tratamento intensivo.....	50
Figura 11 – Diagrama esquemático da rede pervasiva com os módulos PEM.....	51
Figura 12 – Fluxograma do programa proposto	56
Figura 13 – Tela do programa de simulação.....	56
Figura 14 – Taxa de transmissão necessária para o modelo em função do aumento de leitos, relacionada com algumas tecnologias de transmissão	85

SIGLAS

AHA	American Heart Association
ATA	American Telemedicine Association
BIREME	Centro Latino Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde
CTI	Centro de Terapia Intensiva ou Centro de Tratamento Intensivo
Datasus	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
EBRI	Employee Benefit Research Institute
ECG	Eletroencefalografia ou Eletroencefalograma
EMG	Eletromiografia ou Eletromiograma
EMH	Equipamento médico – hospitalar
HIS	Hospital Information System
IBM	Industrial Business Machine
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde – Escritório Regional para as Américas da OMS
PDA	Personal Digital Assistant – Assistente Pessoal Digital
SOTIERJ	Sociedade de Terapia Intensiva do Estado do Rio de Janeiro
UTI	Unidade de Terapia Intensiva ou Unidade de Tratamento Intensivo

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	Cenário Externo	13
2	Objetivo	16
3	Justificativas	17
3.1	Ambiente hospitalar	17
4	Fundamentação Teórica	24
4.1	Ambiente CTI	24
4.2	Instrumentação Biomédica	26
4.3	Telemedicina	31
4.4	Sistemas em Tempo Real	36
4.5	Computação Pervasiva	41
4.5.1	Redes Pervasivas	44
4.5.2	Requisitos para Computação Pervasiva	44
5	Proposta do Trabalho	46
5.1	Modelo Integrado de Computação Pervasiva Para Ambiente Hospitalar de Tratamento Intensivo	46
6	Metodologia	52
6.1	Restrições	53
7	Resultados obtidos	59
7.1	Resultados das Simulações de Rede	59
7.2	Conexão e Desconexão de Equipamentos na Rede Pervasiva e Classificação dos Equipamentos	60
7.3	Tipo de Dados	63
7.4	Segurança	63
7.5	Distribuição das Informações	65
7.6	Comunicação M2M (<i>Machine to Machine</i>)	67
7.7	Canal de Serviço dos Equipamentos (Manutenção e Variáveis Ambientais)	68
7.8	Reenvio de Mensagens	70
7.9	Sinais em Tempo Real	71
7.10	Prioridades	72
7.11	Datagrama	73

7.12	Tempos Estáticos de Transmissão e Resposta	75
7.13	Tempos Dinâmicos de Transmissão	76
7.14	Períodos dos Sinais	79
7.15	Características da Rede de Transmissão	81
7.16	Cópias de Segurança, Log's de Registros	85
7.17	Interface do Módulo Com o Equipamento	86
7.18	Tabela de Destino	87
8	Conclusões	88
9	Trabalhos Futuros	92
10	Referências Bibliográficas	93

1 INTRODUÇÃO

Não faz muito tempo, quando não havia ainda centrais de monitores, era necessário que a equipe médico-assistencial (médicos, enfermeiros e auxiliares) ficasse próxima ao leito dos pacientes e atenta aos sinais oriundos dos equipamentos para identificar as diversas ocorrências. Qualquer que fosse o alarme gerado, era necessária sua visualização in loco o mais rápido possível, mesmo que fosse de eletrodo solto ou fim de soro. Na ocorrência de dois ou mais leitos alarmados, o equipe era dividida a atender a todas as solicitações, podendo deixar de dar o aporte necessário para os avisos que realmente eram importantes – aqueles que impactam no risco de morte do paciente. Além disso, ainda se perdia tempo nos atendimentos críticos por não ter próximo algum equipamento necessário, como o carro de ressuscitação, por exemplo. Em período normal, sem atendimentos emergenciais, ainda era necessário passar em cada leito para averiguar os sinais vitais de cada paciente.

Para resolver parte desse problema, foram introduzidas as centrais de monitorização, que nada mais são que uma rede de monitores, normalmente numa topologia em estrela, concentrando todos os sinais num único computador. Desse ponto é possível acessar cada um dos monitores, alterar suas configurações e alarmes, acompanhar seus dados biomédicos, suas tendências, seus alarmes e seu histórico de eventos. A função de passar em cada leito, se resume então apenas em resolver problemas de desconforto do paciente, substituir soro, administrar a medicação etc... Em caso de alarme, é possível verificar na tela, de modo automático em qual leito encontra-se o problema e qual o parâmetro alarmado. Caso necessário, equipamentos específicos serão levados do posto para agilizar o atendimento. No entanto, este tipo de solução implica em fixar alguém próximo à central para interpretação dos sinais e reconhecimento dos alarmes. Além disso, até agora, qualquer alteração na situação do paciente só é levada ao conhecimento do médico ou da equipe na sua próxima visita ou, caso seja muito grave, através de avisos tardios da equipe de plantão. Ajustes na terapêutica serão feitos depois de algum tempo após o desequilíbrio, o que poderá impactar na previsão de recuperação do paciente.

Pode-se ainda imaginar estender essa central de monitores a outro lugar, como uma central de centrais, empregando telemedicina, onde seria possível monitorar muito mais pacientes com menos atendentes. Mas, de qualquer forma, ainda seria necessário alguém baseado junto aos monitores para as funções já descritas.

A possibilidade de utilização de rede pervasiva¹ com dispositivos móveis permitirá o aviso de alterações dos sinais vitais dos pacientes e outras comunicações pertinentes nos dois sentidos a qualquer um em qualquer lugar, de acordo com parâmetros pré-definidos de segurança, tempo de resposta, alcance, pessoas envolvidas, registros, entre outros, liberando os atendentes a cumprirem suas rotinas de atendimento ao paciente (permitindo que a relação pacientes/atendente aumente), sendo solicitados somente a medida do necessário para atenção a situações de emergências.

Além dessa rotina de receber informações de equipamentos ligados aos pacientes, ainda pode-se imaginar mais algumas aplicações:

- envio de comandos de alterações de configurações destes equipamentos, fazendo o caminho inverso, do atendente para o equipamento;
- solicitação de dados do paciente, como exames anteriores armazenados na base de dados do hospital;
- teleconsulta a médicos especialistas distantes do ambiente do paciente;
- armazenamento dos dados relevantes do paciente para o seu histórico médico de maneira automática e a medida em que os dados estão acontecendo;
- armazenamento de todos os eventos ocorridos no ambiente, não atendimentos, falhas, como uma “caixa-preta” para uma futura avaliação de desempenho, caso necessário.

No entanto, para que esses processos estejam aptos a acontecer, é necessário estabelecer um modelo integrado de computação pervasiva para o ambiente médico hospitalar de tratamento intensivo, que é o principal objetivo deste trabalho. Na medida em que este modelo esteja estabelecido para o ambiente de tratamento intensivo, dados suas características inerentemente críticas em tempo de resposta, prioridades e quantidade de equipamentos envolvidos, é natural extrapolar esse modelo para outras áreas menos críticas do hospital. Numa visão mais ampla, esse sistema pode ser empregado entre hospitais e em pontos externos ao hospital, como:

ambulâncias transmitindo dados diretamente dos equipamentos para o hospital, melhor preparando o ambiente para quando o paciente chegar;

clínicas a disponibilizar exames realizados anteriormente;

postos de saúde em pontos distantes, onde a presença do médico não é possível;

¹ A expressão computação pervasiva (de *pervasive computing*) é o jargão comum utilizado para designar uma rede ubíqua – segundo Ferreira (2004) – ubíquo é “Que está ao mesmo tempo em toda parte.”

acesso a base de dados do hospital que se encontram fora da sua área física;
estabelecimento de atendimento em *home care* (atendimento em casa) de maneira mais eficiente.

A abrangência dessa solução em CTI se dá na medida em que, segundo a Secretária de Atenção à Saúde do Ministério da Saúde, no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde, DATASUS (2006) apenas no Rio Grande do sul, existem 2057 leitos cadastrados entre UTI's e unidades intermediárias que poderão ser atendidas por esse sistema. Se levarmos em consideração o Brasil, esse número sobe para quase 31.000 leitos.

Por outro foco, a utilização de computação pervasiva no atendimento desses serviços implicará na otimização dos recursos das redes de lógica do hospital, uma vez que é natural a implantação de diversas redes de transmissão de dados dentro de um hospital. São redes da área de imagem, dos laboratórios, corporativa, telemetria, monitorização, entre outras que poderiam convergir para utilizar os diversos meios físicos da rede pervasiva de uma maneira integrada reduzindo as ociosidades e o custo de equipamentos e aumentando a abrangência das mesmas.

1.1 CENÁRIO EXTERNO

A possibilidade de apresentar os dados dos EMHs, equipamentos médico-hospitalares, em pontos distantes, do posto de enfermagem ao outro lado do planeta não é nova, afinal é nesta questão que se resume a telemedicina. Grandes empresas do setor de saúde, como Dräger, GE, Philips, entre outras, possuem soluções para essa necessidade. Por exemplo, Dräger (2006), apresenta um sistema de concentração dos sinais de seus equipamentos biomédicos, numa rede própria e de lançamento dessas informações na rede corporativa do hospital para alcançar os vários destinos esperados, como o sistema HIS – *Hospital Information System*, os consultórios entre outros. A figura 1 exemplifica este sistema.

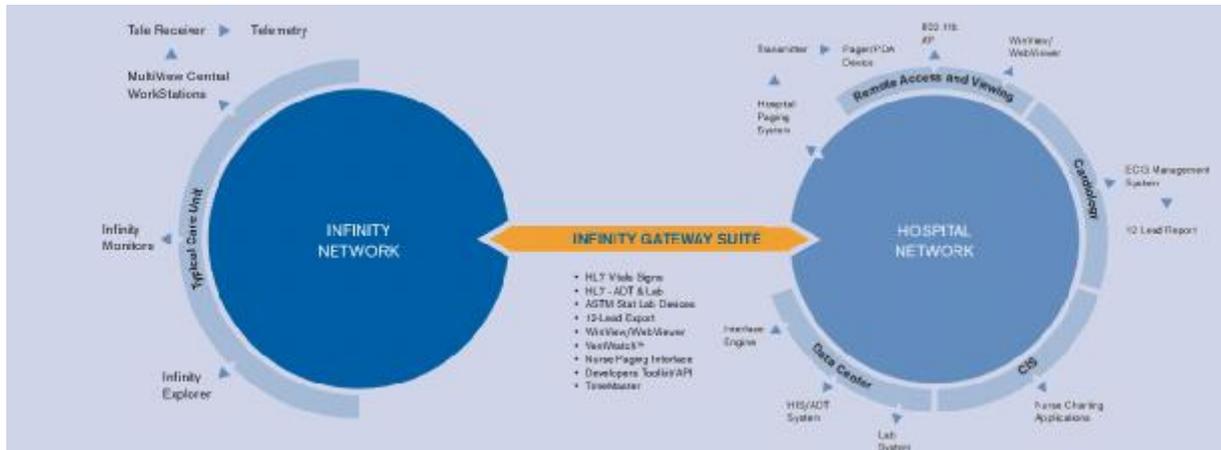


Figura 1 – modelo de comunicação dos EMH's para os dispositivos interligados à rede do hospital.
Fonte: Drager(2006)

Como apresentado, o sistema pode transmitir os sinais biomédicos – textos e/ou gráficos – e/ou alarmes a PDA's – *Personal Digital Assistant* – Assistente Digital Pessoal, celulares, *paggers* e outros dispositivos. No entanto, conforme o próprio prospecto informa, a transmissão pela rede deve ser considerada “*near real-time*”, não servindo para a avaliação da situação do paciente e muito menos para qualquer tomada de decisão em caso de resposta rápida. Verifica-se também, que a comunicação com os dispositivos móveis não possui confirmação de entrega e nem há possibilidade de enviar comandos em sentido inverso. Outro ponto a ser levantado é a não normatização do tempo de envio dos dados. Como é possível utilizar a rede corporativa com vários protocolos, não há, realmente, como estipular os tempos de atraso dos pacotes e conseqüentemente, quanto tempo foi transcorrido da geração do sinal até a recepção.

Assim como esse sistema, as grandes empresas do setor de saúde possuem algo semelhante, diferindo em alguns poucos pontos não importantes o suficiente para que seja feita uma análise de cada um dos mesmos.

Além desses sistemas comerciais, ainda é possível identificar algumas pesquisas envolvendo a utilização de computação pervasiva ou ubíqua em ambiente hospitalar. A Universidade de Aarhus através de seu centro de assistência médica pervasiva – *Centre for Pervasive Healthcare*, apresenta algumas pesquisas envolvendo a topologia, desenvolvimento e avaliação de tecnologias de computação pervasiva para aplicação em hospitais e para auxílio aos cidadãos a participar ativamente nos cuidados de sua própria saúde.

Um dos projetos do centro é o ABC – *Activity-Based Computing*, cuja idéia é criar uma estrutura de colaboração ou suporte em computação pervasiva entre os integrantes das equipes

médico-assistenciais, embora, como apresentado no próprio site, é possível estender essas aplicações a outros ambientes não-hospitalares.

Dentre os vídeos de visão de futuro em ACTIVITY-BASED COMPUTING PROJECT (2005), um deles é sobre a ação da computação pervasiva no leito hospitalar, auxiliando na administração das drogas e apresentando a evolução do paciente. No segundo vídeo, um médico é chamado por um colega solicitando uma segunda opinião. Para fazer isso, ele entra em uma sala qualquer e interage com um dispositivo na parede em forma de tela, iniciando uma videoconferência e, logo após, laudando uma imagem de radiografia.

Além disso, IBM(2007), apresenta na sua lista “five in five” – as cinco tecnologias que mudarão a maneira como vivemos em cinco anos – duas inovações relacionadas a este trabalho:

A primeira da lista é a facilidade em disseminar as informações médicas, graças ao avanço das comunicações e à habilidade de captura dos dados médicos, permitindo que o tratamento da saúde se desloque do tradicional consultório para onde o paciente está.

A segunda inovação (quinta da lista), embora não seja especificamente relacionada com a área médica, apresenta a iteração dos equipamentos pessoais com o ambiente – tecnologia de presença – como preconiza a computação pervasiva.

Ainda, segundo EBRI(2006), os cuidados de saúde é a maior preocupação dos norte-americanos, acima da guerra, terrorismo e outros, embora os Estados Unidos, segundo IBM(2006), gaste mais em saúde, per capita, que qualquer outro país da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD). Em Ontário, a previsão é que a saúde venha a representar 50% das despesas governamentais em 2011, dois terços em 2017 e 100% em 2026.

2 OBJETIVO

Considerando os avanços dos equipamentos médico-hospitalares – EMH's – e das estruturas de redes computacionais, além da possibilidade de melhorar o nível de atendimento ao paciente de terapia intensiva e de otimizar a função do corpo médico assistencial no cuidado ao paciente, tem-se que o objetivo deste trabalho é analisar um ambiente hospitalar de terapia intensiva, seus equipamentos mais comuns, seus protocolos de atendimentos emergenciais, sua dinâmica e apresentar as diretrizes para um modelo integrado de computação pervasiva para ambiente médico-hospitalar de tratamento intensivo que permita:

- Priorização dos sinais vitais dos pacientes, oriundos de equipamentos de monitorização;
- Transmissão desses sinais para os profissionais da saúde responsáveis pelo cuidado àquele paciente;
- Especificar os tempos envolvidos para as atividades acima;
- Receber, dos equipamentos dos cuidadores, sinais de alteração da configuração dos equipamentos de monitorização, como alteração dos limites de alarmes, configuração da tela, etc...
- Manter registro de todos esses eventos ou o que for prioritário;
- Manter o nível de segurança da transmissão do sinal, principalmente no que tange ao cuidado do paciente.

3 JUSTIFICATIVAS

3.1 AMBIENTE HOSPITALAR

A definição de hospital já é disseminada entre todos, no entanto ainda se mantém certa dúvida em relação às unidades de tratamento intensivo e suas variantes. Segundo o site Descritores em Ciências da Saúde, BIREME (2006), Centro de Terapia Intensiva – CTI – tem por sinônimo Unidade de Tratamento Intensivo – UTI², e é definido como “Unidades hospitalares que provêm assistência intensiva e contínua a pacientes em estado grave” e, conforme já citado anteriormente, segundo a Secretária de Atenção à Saúde do Ministério da Saúde, no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde, Datasus (2006), apenas no Rio Grande do sul, existem 2057 leitos cadastrados entre UTI’s e unidades intermediárias e no Brasil são quase 31.000 leitos cadastrados distribuídos conforme tabela 1.

Tabela 1 – Resumo da quantidade de leitos em UTI’s e Unidades Intermediárias no Rio Grande do Sul e Brasil

Descrição	RS	Brasil
UTI ADULTO	1065	15917
UTI INFANTIL	271	3027
UTI NEONATAL	419	5381
UNIDADE INTERMEDIARIA	138	2877
UNIDADE INTERMEDIARIA NEONATAL	164	3691
UTI DE QUEIMADOS	0	53
Total	2057	30946

Fonte: Datasus (2006)

Cabe alertar que o sistema de cadastramento do Ministério da Saúde é feito de acordo com os dados fornecidos por cada instituição e depois verificados in loco. Por isso, é previsível que se tenha alguma variação nesses dados devido aos erros de passagem ao

² Unidade de Terapia Intensiva (UTI), Centro de Terapia Intensiva (CTI), Unidade de Cuidados Intensivos (UCI) e Unidade de Pacientes Graves (UPG) são sinônimos e podem ser usadas de acordo com a tradição e vontade dos hospitais, segundo SOTIERJ (2006).

ministério e, principalmente, pela omissão de algum EAS, podendo os números serem maiores do que os apresentados.

Em relação à densidade de leitos totais, no âmbito mundial, a tTabela 2 mostra que o Brasil encontra-se acima dos outros países latino-americanos, mas muito aquém de alguns países desenvolvidos.

Tabela 2 – Resumo da quantidade de leitos hospitalares em alguns países

País	Leitos Hospitalares (por 10 000)	Ano
Chile	25	2003
Colômbia	12	2004
Uruguay	19	2003
Venezuela (República Bolivariana)	9	2003
Brasil	26	2002
Canadá	36	2003
Reino Unido	40	2003
EUA	33	2003

Fonte: WHOSIS – Whostat2006_healthsystems.xls (2006)

World Health Organization, Regional Office websites and publications

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Organização Pan-americana da Saúde (OPAS) não recomendam nem estabelecem taxas ideais de número de leitos por habitante a serem seguidas e cumpridas por seus países-membros.

Governos, nacionais, regionais e locais têm autonomia para definir suas políticas de saúde e podem estabelecer, em conjunto ou separadamente, metas a serem atingidas. Como resultado da III Reunião Especial de Ministros de Saúde das Américas, ocorrida em Santiago do Chile, em outubro de 1972, foi concluído, com cooperação da OPAS, um Plano Decenal de Saúde para as Américas (Plan Decenal de Salud para las Américas), o documento oficial numero 118 (Organização Pan-Americana de la Salud, 1973). O documento continha uma série de recomendações para os países americanos, entre os quais alcançar uma média regional de 8 médicos, 2 odontólogos, 4,5 enfermeiros e 14,5 auxiliares de enfermagem para cada 10.000 habitantes – valores associados a uma realidade de 30 anos atrás.

Porém, segundo a portaria n.º 1101/GM de 12 de junho de 2002 do Ministério da Saúde, em linhas gerais, estima-se a necessidade de leitos hospitalares da seguinte forma :

- a) Leitos Hospitalares Totais = 2,5 a 3 leitos para cada 1.000 habitantes;
- b) Leitos de UTI: calcula-se, em média, a necessidade de 4% a 10% do total de Leitos Hospitalares; (média para municípios grandes, regiões, etc.).
- c) Leitos em Unidades de Recuperação (pós-cirúrgico): calcula-se, em média de 2 a 3 leitos por Sala Cirúrgica;

d) Leitos para Pré Parto: calcula-se, no mínimo, 2 leitos por sala de Parto.

A tabela 3 mostra a relação ideal de leitos de UTI para o Brasil e o Rio Grande do Sul (RS), segundo especifica esta portaria. Os dados de população foram obtidos através de IBGE(2006), como estimativa para 1º de Julho de 2006.

Tabela 3 – Relação ideal de leitos totais e de UTI para o Brasil e o Rio Grande do Sul

	Habitantes	Leitos Hospitalares Totais (2,5 a 3 leitos/1.000 habitantes)	Limite Inferior de Leitos de UTI (4% dos leitos hospitalares totais)	Limite Superior de Leitos de UTI (10% dos leitos hospitalares totais)
Brasil	186.770.562	927.893 a 1.113.472	37.116 a 44.539	92.789 a 111.347
RS	10.963.219	27.408 a 32.890	1.096 a 1.316	2.741 a 3.289

Fonte: do autor

Recuperando os dados totais da tabela 1, de leitos totais de UTI para o Brasil (30.946 leitos de UTI) e o RS (2.057 leitos de UTI), é fácil verificar a deficiência de leitos disponíveis e a necessidade premente de ampliação dessas capacidades visando a melhora no atendimento da população.

Além disso, ainda há que se considerar a distribuição de profissionais da saúde no Brasil. Na tabela 4 é apresentada a quantidade e a densidade por habitantes de médicos e enfermeiros por alguns países, segundo dados obtidos pela WHO:

Tabela 4 – Quantidade e densidade de médicos e enfermeiros em diversos países

País	Recursos Humanos para a Saúde					
	Médicos			Enfermeiros		
	Número	Densidade por 1000	Ano	Número	Densidade por 1000	Ano
Chile	17 250	1,09	2003	10 000	0,63	2003
Colombia	58 761	1,35	2002	23 940	0,55	2002
Uruguai	12 384	3,65	2002	2 880	0,85	2002
Venezuela (Republica Bolivariana)	48 000	1,94	2001	
Brasil	198 153	1,15	2000	659 111	3,84	2000
Canadá	66 583	2,14	2003	309 576	9,95	2003
Reino Unido	133 641	2,30	1997	704 332	12,12	1997
EUA	730 801	2,56	2000	2 669 603	9,37	2000

... Dados não disponíveis

Fonte: WHOSIS – Whostat2006_healthsystems.xls (2006)

Nota-se a relação da densidade de médicos e enfermeiros entre Brasil e os países da América do Sul e os desenvolvidos. Principalmente no quesito enfermeiros, embora melhor

colocado entre os países sul americanos, ainda está muito longe dos países mais desenvolvidos.

Segundo a portaria do Ministério da Saúde, a proporção ideal de médicos é de 1 para cada 1.000 habitantes sendo então, baseados nos dados do IBGE(2006), 186.770 médicos, demonstrando uma relação suficiente de médicos pela população. No entanto, cabe lembrar que a concentração destes nas grandes cidades dificulta o atendimento no interior dos estados.

Para dimensionamento da necessidade de profissionais da área de enfermagem, a Resolução COFEN nº 189/96, dispõe que deverá ser consideradas, entre outras, as características relativas à instituição/empresa; à missão; porte; estrutura organizacional e física; tipos de serviços e/ou programas; tecnologia e complexidade dos serviços e/ou programas.

Devido a essa assistência intensiva e contínua é inevitável a adoção de EMH's, equipamentos médico-hospitalares, para monitorar os dados biomédicos, monitores multiparamétricos, oxímetros, etc..., e auxiliar na terapêutica do paciente de maneira contínua, através de ventiladores artificiais, bombas de infusão, equipamentos de hemodiálise, ou emergencial, como desfibriladores e cardioversores. A título de ilustração, da tabela 5 a tabela 10 é apresentado o quantitativo estadual e nacional de equipamentos comumente utilizados, de maneira direta ou indireta para suporte à vida, facilmente encontrados ou relacionados a CTI's, oriundo do Datasus (2006).

Tabela 5 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos de Diagnóstico por Imagem

Equipamento	RS		Brasil	
	Existentes	Em Uso	Existentes	Em Uso
Gama Câmara	50	45	639	606
Mamógrafo com Comando Simples	193	187	2480	2404
Mamógrafo com Estereotaxia	50	48	623	611
Raio X até 100 mA	316	292	6857	6364
Raio X de 100 a 500 mA	599	569	8923	8472
Raio X mais de 500mA	217	212	2570	2459
Raio X Dentário	496	483	21934	21070
Raio X com Fluoroscopia	123	121	1407	1332
Raio X para Densitometria Óssea	79	78	1160	1129
Raio X para Hemodinâmica	55	53	538	522
Tomógrafo Computadorizado	153	151	2061	1937
Ressonância Magnética	38	37	569	562
Ultrassom Doppler Colorido	344	336	5834	5747
Ultrassom Ecógrafo	497	474	7079	6865
Ultrassom Convencional	140	133	4271	4186
TOTAL	3350	3219	66945	64266

Fonte: Datasus (2006)

Tabela 6 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos de Infra-Estrutura

Equipamento	RS		Brasil	
	Existentes	Em Uso	Existentes	Em Uso
Controle Ambiental/Ar-condicionado Central	923	909	19550	18962
Grupo Gerador	365	359	5672	5512
Usina de Oxigênio	105	104	2496	2413
TOTAL	1393	1372	27718	26887

Fonte: Datasus (2006)

Tabela 7 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos de Manutenção da Vida

Equipamento	RS		Brasil	
	Existentes	Em Uso	Existentes	Em Uso
Bomba/Balão Intra-Aórtico	148	147	1057	1007
Bomba de Infusão	5658	5471	69181	65959
Berço Aquecido	1174	1141	13326	12617
Bilirrubinômetro	22	22	604	582
Debitômetro	84	83	838	822
Desfibrilador	1191	1164	17402	16810
Equipamento de Fototerapia	859	840	11229	10698
Incubadora	1204	1161	17109	15626
Marcapasso Temporário	217	214	3147	3018
Monitor de ECG	3270	3209	41030	39189
Monitor de Pressão Invasivo	581	573	9461	8945
Monitor de Pressão Não-Invasivo	1593	1510	29872	28508
Reanimador Pulmonar/AMBU	3981	3909	64188	61766
Respirador/Ventilador	2003	1933	30830	29325
TOTAL	21985	21377	309274	294872

Fonte: Datasus (2006)

Tabela 8 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos por Métodos Gráficos

Equipamento	RS		Brasil	
	Existentes	Em Uso	Existentes	Em Uso
Eletrocardiógrafo	1392	1330	22256	20835
Eletroencefalógrafo	162	155	2814	2613
TOTAL	1554	1485	25070	23448

Fonte: Datasus (2006)

Tabela 9 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Equipamentos por Métodos Ópticos

Equipamento	RS		Brasil	
	Existentes	Em Uso	Existentes	Em Uso
Endoscópio das Vias Respiratórias	154	153	2322	2262
Endoscópio das Vias Urinárias	121	119	1520	1460
Endoscópio Digestivo	395	390	6280	5990
Equipamentos para Optometria	212	206	5916	5790
Laparoscópio/Vídeo	231	228	2725	2647
Microscópio Cirúrgico	285	277	4551	4424
TOTAL	1398	1373	23314	22573

Fonte: Datasus (2006)

Tabela 10 – Quantitativo de EMH's no Rio Grande do Sul e no Brasil – Outros Equipamentos

Equipamento	RS		Brasil	
	Existentes	Em Uso	Existentes	Em Uso
Aparelho de Diatermia por Ultrassom/Ondas Curtas	1310	1259	18105	17331
Aparelho de Eletroestimulação	1351	1305	17509	17000
Bomba de Infusão de Hemoderivados	518	511	3310	3184
Equipamentos de Aférese	47	45	1648	1595
Equipamento para Audiometria	191	180	3393	3234
Equipamento de Circulação Extracorpórea	80	78	1076	1052
Equipamento para Hemodiálise	1213	1181	13341	12778
Forno de Bier	654	624	8925	8118
TOTAL	5364	5183	67307	64292

Fonte: Datasus (2006)

Muitos destes equipamentos podem não estar diretamente em contato com o paciente, mas na terapêutica de forma integrada, há uma parcela de contribuição, quer seja na segurança do funcionamento ininterrupto dos equipamentos, como geradores, quer seja no conforto térmico do paciente, ar condicionado, por exemplo, e assim por diante. Outros tantos, como os equipamentos de laboratório, são de uso clínico, mas não estão no mesmo ambiente que o paciente.

Nota-se, cada vez mais o emprego de monitores multiparamétricos sendo utilizados em CTI's. Estes monitores são equipamentos que fazem a leitura de sensores diversos integrando vários equipamentos num só. Normalmente, englobam monitores cardíacos, oxímetros, monitores de pressão invasiva ou não e monitores de temperatura. Com essa integração, os custos de vários equipamentos se resumem num único além da praticidade, principalmente no momento do transporte do paciente. A configuração dos parâmetros também fica facilitada, pois é necessária a operação em apenas um equipamento.

Embora a maioria do atendimento ainda seja presencial, está cada vez mais difundido o conceito de telemedicina no cuidado à saúde.

Segundo a ATA - American Telemedicine Association - em seu documento Telemedicine, Telehealth, and Health Information Technology, telemedicina é o uso de comunicações eletrônicas e tecnologias da informação para prover serviços clínicos quando os participantes estão em localizações diferentes. Intimamente associado à telemedicina é o termo telesaúde. Este termo é frequentemente usado para abranger uma gama de aplicações de tecnologias à distância como ensino à distância, atendimento médico à distância, e outras aplicações onde as comunicações eletrônicas e as tecnologias de informação são usadas para suportar serviços de cuidados à saúde. A videoconferência, a transmissão de imagens imóveis, a e-saúde (*e-health*) incluindo portais de pacientes, a monitoração remota de sinais vitais, a

instrução médica continuada e os call centers de cuidados são todos considerados parte da chamada telemedicina e tele-saúde.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a evolução deste trabalho é importante realizar uma discussão a respeito do ambiente onde o sistema será implantado, o ambiente de CTI e os equipamentos principais desse ambiente.

Além disso, é interessante analisar os avanços da telemedicina como base para esse projeto, além de uma rápida passagem por sistemas em tempo real, que deve ser empregado no trabalho, além do tema central: computação pervasiva.

4.1 AMBIENTE CTI

Conforme o Ministério da Saúde (1978), o hospital pode ser definido como uma instituição complexa e completa, sendo parte integrante de uma organização médica e social, cuja função básica consiste em proporcionar, à população, assistência médica integral, curativa e preventiva, sob qualquer regime de atendimento, constituindo-se também em centro de educação, de capacitação de recursos humanos e de pesquisas em saúde.

O objetivo da assistência hospitalar se consolida através do emprego de técnicas e métodos para diagnóstico e terapêutica, cuja finalidade é a de devolver cidadãos em melhor estado de saúde ou curados, à sociedade. Por outro lado, o seu fracasso pode significar a morte ou a instalação de iatrogenias³ ou eventos adversos⁴, com variáveis graus de magnitude e gravidade.

Dentre os vários setores dentro de uma instituição hospitalar, a UTI é onde se presta o maior nível de assistência à recuperação do paciente.

Segundo a Sociedade de Terapia Intensiva do Estado do Rio de Janeiro – SOTIERJ (2006): “As UTI são unidades hospitalares destinadas ao atendimento de pacientes graves ou de risco de vida que dispõem de assistência médica e de enfermagem ininterruptas, com equipamentos específicos próprios, recursos humanos (profissionais) especializados e que tenham acesso a outras tecnologias destinadas ao diagnóstico e tratamento.”.

³ iatrogenia é alteração patológica provocada no paciente por tratamento de qualquer tipo, segundo Ferreira (2004).

Ainda segundo SOTIERJ (2006), as Unidades de Terapia Intensiva foram criadas na década de 50, quando houve epidemia de poliomielite no hemisfério norte. Os pacientes apresentavam insuficiência respiratória (dificuldade ou impossibilidade de respirar) e necessitavam de máquinas que pudessem “respirar” por eles, criaram-se então, unidades fechadas (com controle da entrada de pessoas) para acompanharem os pacientes e tratá-los de maneira mais eficaz durante as 24 horas do dia. A década de 70 marcou a proliferação pelo mundo de UTIs, além de sua adequada estruturação. Outros pacientes graves ou potencialmente graves passaram a ser encaminhados a estas unidades.

Além disso, as UTI’s podem ser divididas:

- Neonatal - atendem pacientes de 0 a 28 dias;
- Pediátrica - atendem pacientes de 28 dias a 14 ou 18 anos de acordo com as rotinas hospitalares internas;
- Adulto - atendem pacientes maiores de 14 ou 18 anos de acordo com as rotinas hospitalares internas.

Elas também podem ser gerais – atendem a todos os pacientes que necessitam de UTI – ou especializadas, como unidade coronariana, para pacientes com infarto ou angina; pós-operatória, para pacientes submetidos a grandes cirurgias ou cirurgias de alto risco; unidade de queimados; unidade neuro-intensiva, para aqueles pacientes com problemas neurológicos graves, como derrames, traumatismo craniano, convulsões incessantes.

É neste setor que se encontra um grande número de equipamentos envolvidos na monitoração do paciente e na sua terapêutica. Os equipamentos, principalmente os de monitoração, analisam diversos parâmetros recebidos de sensores conectados ao paciente e disponibilizam essa informação de forma inteligível, como display, led’s, bargraph’s, escalas, alarmes, etc..., ao corpo médico-assistencial para que sejam tomadas as providências necessárias para melhorar o processo de terapêutica do paciente. Esse processo de obtenção de dados do paciente, apresentação dos dados, atuação do corpo médico-assistencial, resposta do organismo do paciente e novamente a leitura dos dados dos sensores, caracteriza um circuito fechado com realimentação contínua. Caso ocorra uma intercorrência, o tempo de resposta para atuação do corpo clínico ou assistencial deve ser o mais breve possível, pois, segundo Calil (1998),

⁴ eventos adversos são ocorrências indesejadas decorrentes da atividade assistencial ou de acidentes que ocorram durante a estada neste ambiente.

“Quanto mais rápida for a desfibrilação, maiores as chances de sobrevivência do paciente; para cada minuto que passa depois de instalada a fibrilação ventricular, a probabilidade de sobrevivência cai em 10%.”.

Sob essa luz, os sistemas presentes numa unidade de terapia intensiva são realmente caracterizados como sistemas de tempo real e com tempos de resposta extremamente baixos.

4.2 INSTRUMENTAÇÃO BIOMÉDICA

Segundo Calil (1998), os EMH's são classificados em:

- **Equipamentos de infra-estrutura:** são definidos aqui como equipamentos e dispositivos que fornecem, suprem ou retiram energia, água, gases. Fazem o condicionamento ambiental, a iluminação, etc. Exemplos: central de gases, sistema de ar condicionado, grupo gerador, transformadores de energia elétrica, filtros de limpeza de água, sistema de tratamento de lixo e esgoto hospitalar, iluminação de emergência, etc.
- **Equipamentos de apoio:** são equipamentos que dão suporte ao pessoal de saúde (médicos, enfermeiras e auxiliares de enfermagem) no tratamento ao paciente. Exemplos: centrais de esterilização, equipamentos de laboratório, processadoras de filmes de raio X, estufas, geladeiras, congeladores, etc.
- **Equipamentos de aplicação direta:** são equipamentos utilizados diretamente no paciente para a obtenção de diagnósticos ou aplicação de terapias. Exemplos: ventiladores mecânicos, bisturis elétricos, tomógrafo computadorizado, equipamentos de ultra-som, etc.

Dos equipamentos de aplicação direta, é usual encontrar os seguintes equipamentos:

Oxímetro (pulso), Ventilador para terapia, Bomba de infusão, Capinógrafo, Desfibrilador, Eletrocardiógrafo, Eletroencefalógrafo, Eletromiógrafo, Equipamento de hemodiálise, Equipamento de ultra-som para diagnóstico, Esfigmomanômetros, Marcapasso externo, Medidor de débito cardíaco, Monitor de ECG, Monitor de temperatura, Monitores de oxigênio, Monitores de pressão, aparelho de raio X portátil.

Sendo que, dentre estes, os principais são: ventiladores, monitores, incluindo os oxímetros e capnógrafos, bombas de infusão, aparelho de raio X, desfibriladores e cardioversores.

- **VENTILADORES**

Os ventiladores, segundo Brasil (2002):

Ventilação é o ato mecânico de fornecer ar aos pulmões. Ocorre espontaneamente através da ação da musculatura respiratória que ao contrair, faz surgir um gradiente de pressão entre o meio-ambiente e os pulmões, promovendo a entrada de ar nos mesmos. Na expiração ocorre o relaxamento da musculatura respiratória, inverte-se o gradiente de pressão e o ar sai dos pulmões.

Ventilador é um equipamento utilizado para proporcionar a ventilação pulmonar artificial.

O objetivo dos ventiladores pulmonares é, de modo geral, prover suporte ventilatório temporário, completo ou parcial, a pacientes que não conseguem respirar por vias normais (insuficiência respiratória) devido a fatores como doenças, anestesia, defeitos congênitos, etc. Os ventiladores também são usados para permitir descanso dos músculos respiratórios até que o paciente seja capaz de reassumir a ventilação espontânea.

A insuficiência pode estar associada a uma patologia ou pode ser induzida para se obter analgesia, relaxamento muscular e redução da atividade metabólica, geralmente associados a procedimentos cirúrgicos.

Na maioria dos ventiladores uma fonte de pressão positiva entrega ar para os pulmões do paciente que faz a troca gasosa, e então retira a pressão para que ocorra a expiração.

A ventilação artificial pode ainda ser feita pela via nasal, oral ou por tubo de traqueostomia.

- **MONITORES**

Com o avanço da tecnologia, surgiram os monitores multiparamétricos a englobar a monitorização de mais de um parâmetro vital. Segundo o portal Clic Saúde (2005), em seu artigo “História dos Monitores”:

O desenvolvimento da tecnologia na área de monitoração de sinais vitais em terapia intensiva pode ser visto como a sucessão de gerações – sendo que cada uma delas exigiu intensa pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico.

A primeira geração de monitores de sinais vitais na terapia intensiva é constituída de equipamentos capazes de medir um ou dois parâmetros fisiológicos. A imagem comum de um leito de UTI cercado de equipamentos com luzes piscando e gráficos aparecendo surgiu nesta geração. Esses equipamentos sobrevivem até hoje principalmente pelo preço e simplicidade e é indicado para necessidades mais básicas – geralmente fora da UTI, como pequenas cirurgias dentárias ou salas de recuperação.

Após esta primeira geração apareceram os monitores multiparamétricos de sinais vitais, ou seja, equipamentos capazes de monitorar vários parâmetros fisiológicos simultaneamente. A grande vantagem desses equipamentos foi a enorme redução de custo, já que um equipamento, mesmo que mais sofisticado e caro, é muito mais barato que a soma de outros 4 ou 5 equipamentos.

A geração seguinte se caracteriza pela capacidade de trabalho em rede, com um equipamento central geralmente no posto de enfermagem. A grande vantagem dessa geração é a segurança e a facilidade de visualização dos principais parâmetros fisiológicos de todos os pacientes de uma unidade sem a necessidade de sair do posto de enfermagem. Esse início de conectividade também foi fundamental para o caminho trilhado pelas gerações seguintes.

(...)Hoje, a maioria dos equipamentos importado da China e grande parte dos equipamentos importados de outros países tem as características principais dessa geração – são monitores multiparamétricos capazes de trabalhar em rede com um equipamento central. O que varia entre os equipamentos geralmente oferecidos são o conjunto dos parâmetros disponibilizados e a visualização colorida ou monocromática.

A quarta geração de monitores, a exemplo da segunda, é caracterizada pela grande redução do custo de propriedade (“cost of ownership”) de equipamentos. Isso foi alcançado através do conceito de monitor modular, ou seja, a capacidade de facilmente aumentar e diminuir o número de parâmetros fisiológicos monitorados através da introdução de módulos.

Os monitores multiparamétricos modulares reduziram o custo de propriedade pois torna desnecessário que o hospital e a UTI tenham muitos parâmetros em todos os seus monitores. Agora é possível que todos os monitores sejam mais simples, somente com os principais parâmetros, e os demais são colocados de acordo com a necessidade de cada paciente, através de módulos intercambiáveis entre os equipamentos da unidade e de todo o hospital.

(...)

Hoje aparece a quinta geração de monitores fisiológicos, com um aumento gigantesco da conectividade. Agora, o profissional clínico pode visualizar exames de imagens (Tomografia, Raio X, etc) que forem realizados com equipamentos digitais, buscar informações sobre o paciente na rede do hospital, visualizar a monitoração de fora do hospital, via Internet, entre outras funções.

Essas características permitem a transformação da UTI em algo que supera suas paredes. Pode-se, por exemplo, ter uma UTI em um pequeno hospital do interior que é capaz de acessar e enviar informações em tempo real a especialistas em outros lugares, possibilitando a evolução colaborativa da medicina intensiva brasileira.

• **DEFIBRILADORES E CARDIOVERSORES**

Para entender o funcionamento dos cardioversores, é necessário apresentar um pouco a respeito do funcionamento do coração. Segundo Brasil (2002):

A cardioversão e a desfibrilação elétricas são procedimentos terapêuticos que visam à reversão das arritmias cardíacas pela aplicação de um pulso de corrente elétrica de grande amplitude num curto período de tempo. Ao atravessar o coração, esta corrente força uma contração simultânea das fibras cardíacas, possibilitando o restabelecimento de um ritmo normal.

O coração é um órgão contrátil oco, cuja principal função é bombear o sangue, mantendo-o em circulação permanente por todo o corpo. Suas paredes são constituídas essencialmente por músculos (o miocárdio), que formam quatro câmaras contráteis: os átrios (esquerdo e direito) e os ventrículos (esquerdo e direito). Átrios e ventrículos de um mesmo lado se comunicam através de válvulas, de modo que o sangue é bombeado sempre em um único sentido (entra pelos átrios e sai pelos ventrículos). As câmaras da direita e da esquerda não têm comunicação direta, formando duas bombas independentes e com bombeamento síncrono. O "coração direito" bombeia para os pulmões o sangue que retorna dos diversos órgãos e o "coração esquerdo" bombeia o sangue que vem dos pulmões para todos os órgãos do corpo, inclusive o próprio coração.

Assim como outras fibras musculares, as fibras que compõem o miocárdio contraem-se em decorrência de estímulos externos, em particular estímulos elétricos. Nas contrações normais, este estímulo inicial aparece na região do átrio direito chamada nódulo sino-atrial (SA), que é o marca-passo natural do coração, propagando-se por um caminho bem determinado através do miocárdio, resultando em uma contração ordenada, primeiro dos átrios e em seguida dos ventrículos, que garantem um bombeamento eficiente do sangue.

Diversas situações podem induzir um funcionamento anormal do coração, levando a um conjunto de patologias conhecido por arritmias (situações em que o ritmo das contrações cardíacas é perturbado ou mesmo interrompido). Dentre estas, a mais grave é a fibrilação, caracterizada por uma perda de sincronismo nas contrações do miocárdio, resultando em contrações desordenadas das fibras, impossibilitando o bombeamento do sangue. Se a fibrilação se instalar nos átrios, não há um risco imediato de vida para o paciente (uma vez que não há um comprometimento obrigatório dos ventrículos), mas a frequência cardíaca elevada reduz a eficiência do bombeamento, levando a uma insuficiência cardíaca. A reversão pode ser feita com drogas que reduzem a excitabilidade das fibras do miocárdio.

Já a fibrilação ventricular é uma condição de emergência, pois a ausência de bombeamento do sangue resulta em perda de débito cardíaco (fluxo de sangue circulante) e redução drástica na pressão sangüínea, podendo levar à morte em poucos minutos. A fibrilação ventricular pode ser causada por distúrbios na condutividade das fibras cardíacas (hiperexcitabilidade, isquemia resultante de infarto), ou acidentes (choques elétricos, intoxicação por determinadas drogas, etc.). A fibrilação é diagnosticada por ausência de pulso arterial e pela substituição do traçado do ECG (eletrocardiograma) por uma forma de onda flutuante de alta frequência, ou onda de fibrilação. Raramente a fibrilação ventricular é revertida espontaneamente, o que exige ação imediata da equipe médica, com equipamento adequado e operacional. Quanto mais rápida for a desfibrilação, maiores as chances de sobrevivência do paciente; para cada minuto que passa depois de instalada a fibrilação ventricular, a probabilidade de sobrevivência cai em 10%.

A informação acima, a respeito das chances de sobrevivência em função do tempo para a reanimação, é apresentada novamente com o intuito de demonstrar a importância dada ao pronto atendimento em situações críticas como essa.

Ainda segundo Brasil (2002), é necessária aplicação de um pulso de corrente elétrica que atravesse o coração afim de promover a despolarização (contração) de uma grande quantidade de fibras ventriculares que estavam repolarizadas (relaxadas) e prolongar a contração das que já estavam contraídas. Se uma certa massa crítica (75% a 90%) das fibras conseguirem responder simultaneamente a esta contração forçada, quando retornarem ao

estado de repouso estarão em condições de responder ao marca-passo natural e com o sincronismo, o bombeamento é restabelecido.

Para efetuar essa descarga de corrente elétrica, é necessária a utilização de desfibriladores ou cardioversores.

Desfibriladores são equipamentos eletrônicos portáteis destinados a gerar e aplicar pulsos intensos e breves de corrente elétrica na musculatura cardíaca (diretamente, no caso de cirurgia de peito aberto, ou indiretamente, através do tórax), com o objetivo de reverter arritmias. Nos cardioversores existem também circuitos capazes de detectar a atividade elétrica do coração e sincronizar a aplicação do pulso desfibrilatório com a onda R do ECG (caso a atividade elétrica esteja ainda minimamente preservada), de modo que a aplicação deve ocorrer em até 30 ms após a onda R. Esta precaução tem por objetivo evitar que o pulso desfibrilatório seja aplicado no momento em que a maioria das fibras está se repolarizando (relaxando), pois um estímulo à contração neste instante poderia induzir à perda do sincronismo entre as fibras e levar a uma fibrilação ventricular. A cardioversão é utilizada principalmente em arritmias menos severas e em fibrilações atriais.

Desfibriladores e cardioversores têm como princípio de funcionamento básico o armazenamento de energia elétrica em um capacitor e a manutenção desta condição de carga, bem como a descarga no paciente quando determinado pelo operador. No caso dos cardioversores, o instante da descarga depende também do momento em que se encontra a contração dos ventrículos, detectada através de monitoramento do ECG. Brasil (2002).

Destes EMH's (monitores, desfibriladores, cardioversores, bombas de infusão, oxímetros, etc...), pode-se, separá-los em 2 categorias principais: monitorização e terapêutica. Os equipamentos de terapêuticas compreendem todos aqueles que agem sobre o paciente visando a recuperação do seu estado de saúde. Como exemplo, pode-se citar bombas de infusão, equipamentos de hemodiálise, ventiladores ou respiradores, etc...

Os equipamentos de monitorização são aqueles cuja principal função é traduzir o estado do paciente para um padrão inteligível ao corpo clínico. Estes não atuam na terapêutica, enquanto que o primeiro grupo pode fornecer dados monitorados ou medidos do processo. Como exemplos de equipamentos de monitorização ou de exame têm tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética, Raios-X, medicina nuclear, oxímetros, monitores multiparamétricos. O acompanhamento de inúmeras variáveis pela monitorização segura, contínua ou intermitente, propicia um controle mais elaborado e permite a toda a equipe tomar decisões ancoradas em maior fonte de informações.

De posse dos dados e exames gerados pelos equipamentos de monitorização é possível ajustar (realimentar) a terapêutica.

4.3 TELEMEDICINA

Segundo o Conselho Brasileiro de Telemedicina e Telessaúde – CTBMS (2005):

A telemedicina consiste nas tecnologias que permitem praticar Medicina à distância. Geralmente o paciente vai ao médico ou então este ao paciente. Entretanto, há muitas situações nas quais seria melhor (ou obrigatório) transportar o ato médico do profissional ao doente, sem qualquer deslocamento físico.

De acordo com o glossário de Coeira (1997), telemedicina é a entrega de serviços de cuidado de saúde entre indivíduos geograficamente separados, usando sistemas de telecomunicações, por exemplo, vídeo-conferência.

De acordo com a WHO – World Health Organization – telemedicina é a entrega de serviços de saúde, onde a distância é fator crítico, por profissionais da saúde usando tecnologias de informação e de telecomunicação para a troca de informações válidas para diagnósticos, tratamentos e prevenção de doenças e ferimentos, pesquisa e avaliação e para a educação continuada dos provedores de saúde, tudo no interesse do avanço da saúde dos indivíduos e de suas comunidades.

Já de acordo com a ATA (2006), a telemedicina é o uso de informação médica veiculada de um local para outro, por meio de comunicação eletrônica, visando à saúde e educação dos pacientes e do profissional médico, para assim melhorar a assistência de saúde.

Dentre as modalidades de telemedicina, pode-se citar, segundo CTBMS(2005):

- **Teleconsulta** – é o processo pelo qual se realiza uma consulta médica à distância. Para isso, pode ser empregado qualquer meio tecnológico que transporte som, imagem ou comunicação escrita. O conceito essencial é que não há contato presencial entre quem faz o ato médico e quem o recebe.
- **Teleconferência** – no contexto da telemedicina, o termo designa uma busca de esclarecimento diagnóstico ou orientação terapêutica (uma segunda opinião), pelo médico e seu paciente, de um profissional ou instituição mais experiente, só alcançável por telecomunicação.
- **Televigilância** – acompanhamento de um paciente à distância por um profissional de saúde (por exemplo, médico ou enfermeira) ou instituição hospitalar. É o caso de doentes crônicos que foram atendidos pelo sistema de saúde e convalescem em suas residências. A situação mais freqüente é a monitoração intra-hospitalar dos pacientes (por exemplo, comunicação entre quartos ou unidades intensivas e o posto de enfermagem).

- **Teleassistência** – prestar auxílio médico a um doente distante. Este pode estar totalmente isolado, tendo a telemedicina como única forma de assistência.

É importante dizer que o termo “telemedicina” muitas vezes engloba a educação médica à distância. Na prática da medicina, é conveniente juntar a tecnologia assistencial e educacional, para ensinar o aprendizado continuado do médico.

É oportuno esclarecer que o conceito de muitos leigos de que a telemedicina faz-se por meio exclusivo da teleconferência é equivocado. Na verdade, a tecnologia mais usada é a Internet e off line, isto é, não em tempo real. As mensagens transitam de acordo com a conveniência horária de cada lado.

A Escola Paulista de Medicina – EPM (2006) exemplifica melhor alguns serviços praticados por telemedicina:

- **ECG pelo telefone**

Um exemplo simples de assistência à distância é a tecnologia conhecida como "monitoração cardíaca transtelefônica". O paciente (geralmente um cardiopata crônico ou recém-infartado), usa um cardiobipe, um pequeno aparelho eletrônico.

Depois de colocar três eletrodos em contato com o corpo, o paciente pressiona um botão no cardiobipe e recolhe alguns segundos do seu eletrocardiograma, que é armazenado na sua memória eletrônica. Em seguida, telefona para uma central de atendimento, se identifica, encosta o aparelhinho no bocal do telefone e pressiona outro botão, enviando o eletro pelo telefone. Em questão de poucos minutos, recebe pela mesma ligação uma orientação do médico de plantão, que analisou seu ECG e dá recomendações. Estudos científicos demonstraram que a mortalidade de pacientes que fazem a monitoração transtelefônica depois de se recuperarem de um infarto do miocárdio, é quase 50 % menor do que a de outros pacientes.

Outra aplicação interessante do cardiobipe ocorre no consultório de médicos e dentistas que realizam cirurgias ambulatoriais. Antes de realizar a anestesia, realizam um eletro à distância e podem operar com mais segurança, evitando ocorrências cardíacas durante a mesma. Uma empresa de São Paulo, a Telecárdio, que realiza serviços de monitoração cardíaca transtelefônica, publicou recentemente em um congresso odontológico os resultados de cerca de 2,5 mil monitorizações feitas pelos dentistas com que trabalha. Cerca de 15 % das chamadas tinham alguma anormalidade, e 72 cirurgias foram adiadas, porque o paciente estava com distúrbios cardíacos funcionais sérios o bastante. Em um caso, o paciente estava tendo um infarto na cadeira do dentista !

- **Cirurgia à Distância e Telepresença**

(...)

A telepresença baseia-se na idéia de que, com algum tipo de equipamento, é possível executar tarefas em algum lugar distante, como se lá estivéssemos. Em alguns sistemas de telepresença, o médico pode atender a pacientes distantes. No futuro, poderá operá-los. A NASA está particularmente interessada neste aspecto para futuramente realizar cirurgias no espaço. Um pouco menos futurista são os sistemas de teleoperação ou telerobótica.

Na figura 2, é mostrado um exemplo de cirurgia a distância. Na figura 2(b), o médico manipula as barras de comando com a forma de instrumental cirúrgico, enquanto que na figura 2(a), distante desse médico, encontra-se um sistema automatizado procedendo a cirurgia de acordo com os comandos do médico.

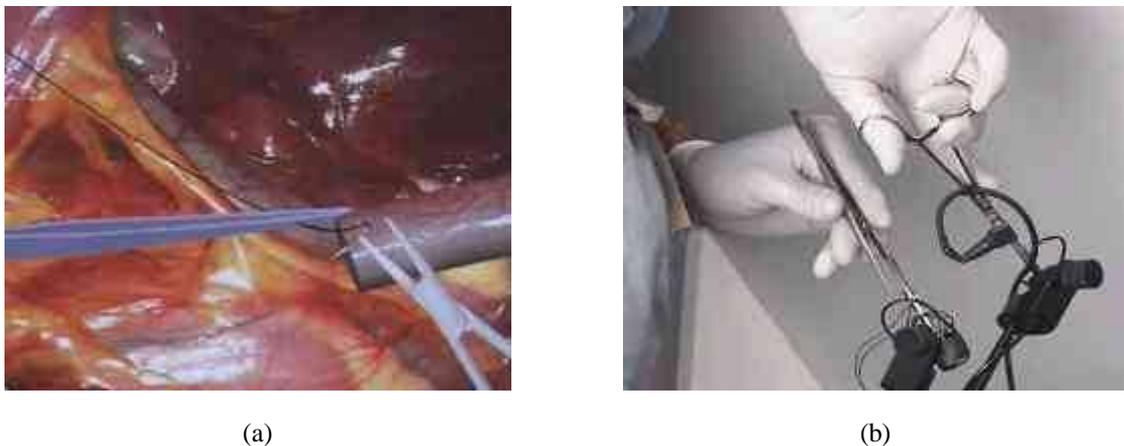


Figura 2 – exemplo de telecirurgia – a cirurgia ocorre (a) pelas mãos do cirurgião distante (b)

Fonte:EPM

- **Teleconferência**

Outra forma muito utilizada de telemedicina é o intercâmbio de informações sobre um paciente entre dois ou mais médicos. É a teleconferência, ou teleconsulta, que pode assumir muitas formas. A tecnologia mais sofisticada, denominada videoconferência, permite que os médicos conversem entre si, usando câmaras de vídeo e microfones, e um software especial de comunicação. Também podem ser enviadas imagens médicas de vários tipos (radiografias, tomografias, etc.), como a figura abaixo, captadas através de um scanner, câmara fotográfica digital ou equipamentos médicos como otoscópios, oftalmoscópios, etc., cuja saída de imagem já pode ser enviada diretamente pelo sistema. Esses recursos são muito utilizados atualmente para sistemas de segunda opinião médica em contato com centros mais desenvolvidos, no Brasil ou no exterior.

Outra aplicação nesse sentido é a telepatologia, uma câmara digital associada a um microscópio permite o envio pela rede de imagens microscópicas.

- **Telefarmácia**

Segundo ScriptPro (2007), telefarmácia são farmacêuticos usando telecomunicações para prover sistematicamente, serviços profissionais em tempo real, documentados

eletronicamente a pacientes em localizações remotas, incluindo prescrições, dispensa e recomendações, e supervisão de operações remotas de farmácias.

Na figura 3, é mostrado um exemplo de imagem utilizada em teleradiologia. O exame pode ser realizado em um hospital do interior, digitalizado e enviado ao especialista distante, por exemplo para um laudo ou uma segunda opinião.



Figura 3 - Exemplo de imagem usada em teleradiologia (Sistema RVScreen)
Fonte: EPM

Comercialmente, conforme já citado anteriormente, os sistemas das grandes empresas permitem transmitir os sinais vitais de monitores multiparamétricos, através da rede do hospital, para pagers, celulares e PDA's, conforme exemplifica a figura 4:



(a)



(b)



(c)

Figura 4 – Exemplos de recepção de diversos sinais dos sistemas comerciais de monitorização de paciente

Fonte: Drager(2006)

Na figura 4(a), uma interface de alarme com o sistema – de terceiros – de pager provê acesso instantâneo a alarmes críticos.

Na figura 4(b) em um PDA, interligado à rede sem fio do hospital, recebe e apresenta até 6 gráficos e 10 parâmetros de sinais vitais na tela, segundo o fabricante, próximo ao tempo real.

Na figura 4(c) os mesmos sinais apresentados no *PDA* podem ser acessados através da rede corporativa ou da internet com as mesmas limitações de tempo.

No entanto, cabe salientar que a distribuição é num sentido, do equipamento ou da central de monitorização para os receptores (*paggers*, *PDA's*, computadores, etc...), não havendo a possibilidade de saber se a mensagem foi recebida ou não.

Ortis et all(2004) implementaram um sistema de transmissão de sinais biomédicos envolvendo a leitura de vários sensores biomédicos e o envio destes para um *PDA* (Zaurus com sistema operacional Linux). A distribuição, novamente é em uma única via de forma distribuída, *broadcast*, sem a garantia de recebimento. De acordo com a seleção na tela principal do *PDA*, **figura 5(a)**, é possível visualizar as possibilidades dos gráficos.

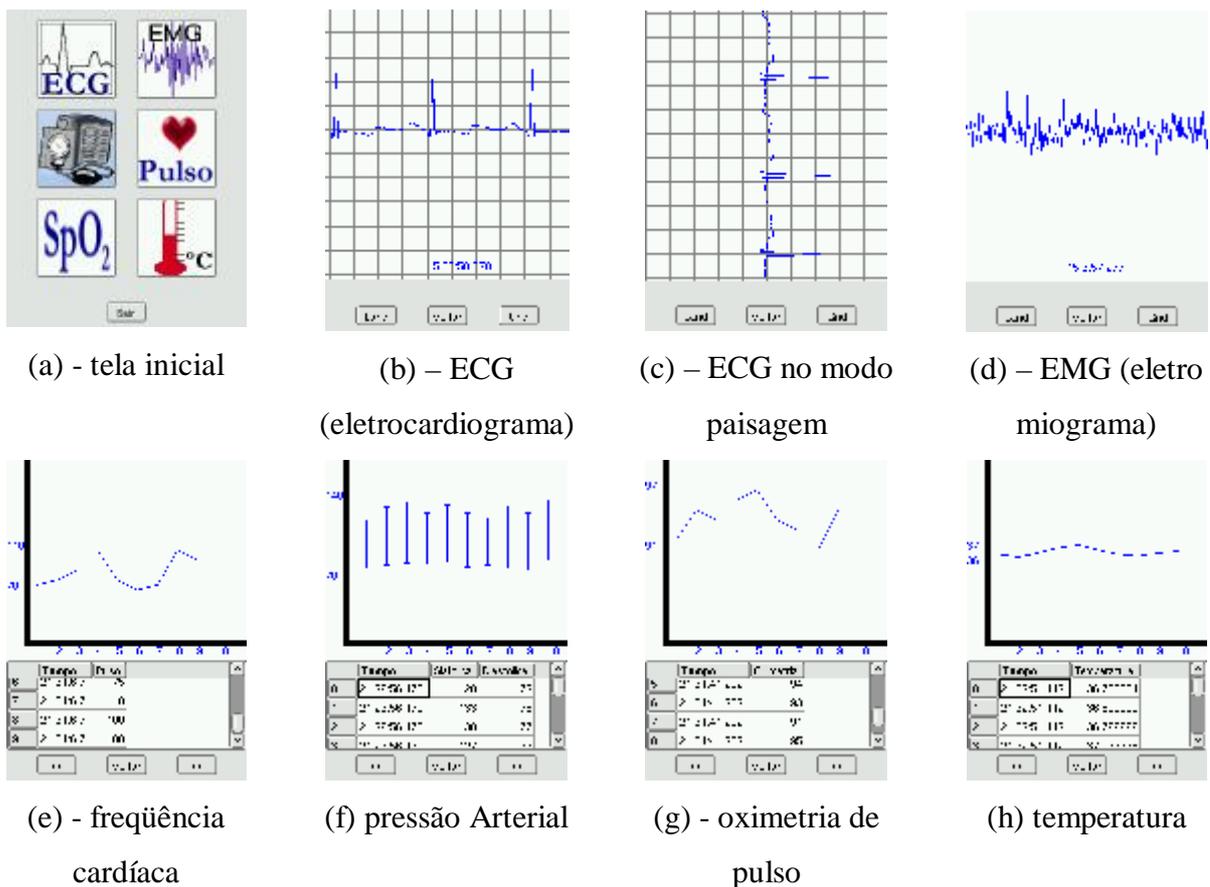


Figura 5 – telas do programa medplot
Fonte: Ortis et all(2004)

Verifica-se que o sistema apenas apresenta as curvas e tabelas sem possibilidade e alteração dos parâmetros, como por exemplo, a derivação do ECG apresentada.

4.4 SISTEMAS EM TEMPO REAL

Pela definição de Li (2003), sistemas de tempo real são, de forma simplificada, definidos como aqueles sistemas que respondem a eventos externos de modo oportuno, como mostrado na figura 6 abaixo – eventos únicos ou múltiplos, síncronos ou assíncronos são aplicados ao sistema em tempo real. De acordo com as restrições de tempo, as saídas únicas ou múltiplas, síncronas ou assíncronas são geradas. O tempo de resposta é, ou deve ser, garantido. Estes eventos externos podem ter características síncronas ou assíncronas. Responder a eventos externos inclui o reconhecimento quando o evento ocorre, executar o processamento requerido para este evento e disponibilizar os resultados necessários dentro de um tempo restrito. Essas restrições podem ser apenas do tempo final ou a duração do processo.

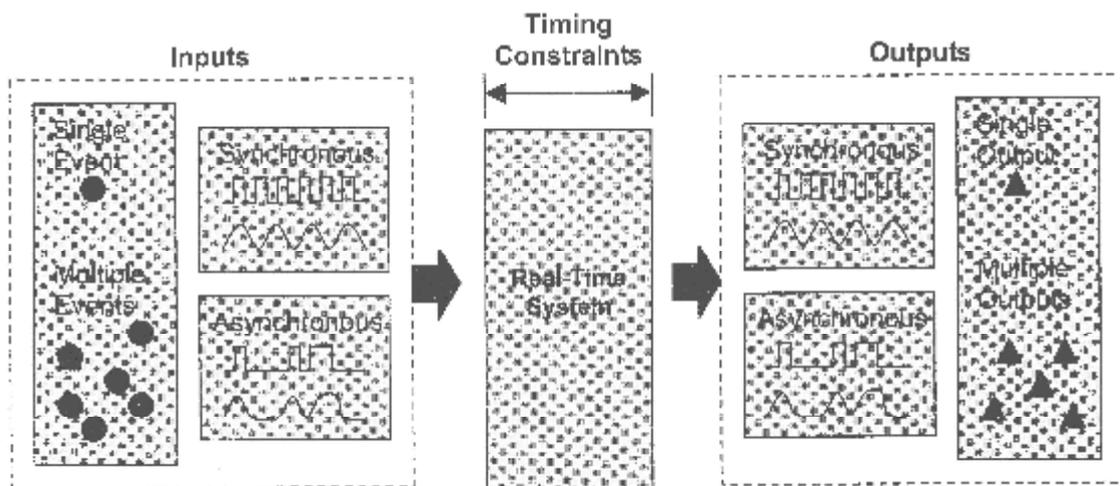


Figura 6 – Visão Simplificada de um Sistema em Tempo Real

Fonte: Li (2003)

Ainda segundo Li (2003), o ambiente dos sistemas de tempo real criam os eventos externos. Esses eventos são recebidos por um ou mais componentes do sistema de tempo real. A resposta do sistema de tempo real é então injetado no ambiente através de um ou mais de

seus componentes. Os eventos podem ser originados de forma periódica – repetindo-se a cada t unidades de tempo – ou não periódicas – de forma esporádica. Para o primeiro caso, um exemplo característico é a monitorização dos sinais vitais. Esses sinais, a cada pequeno intervalo de tempo, são lidos, processados e apresentados, numa tela gráfica, numérica e/ou sinal sonoro. Por outro lado, um exemplo de sinal não periódico é um alarme de parada cardio-respiratória – PCR – pois esse evento é não previsível. Neste ponto, evidencia-se uma questão interessante observadas nas bibliografias referentes ao pronto atendimento de casos emergenciais, como a PCR, pois a orientação, inclusive da AHA – *American Heart Association* (2005) é que o atendimento seja feito o mais rápido possível após a identificação da parada. Com isto, deve-se supor que o deadline para este tipo de evento tenderá a zero ou o menor tempo possível.

Segundo Stankovic et al (1998) e Buttazzo (2002) sistemas em tempo real, na sua definição corrente, são sistemas computacionais que devem reagir a eventos respeitando algumas restrições de tempo. Consequentemente, o comportamento correto dos mesmos não depende apenas dos resultados obtidos, mas também do tempo em que estes são produzidos. Este limite para a finalização da tarefa é chamado de *dead line*. Isso significa que a tarefa tem uma duração máxima para cumprir o que se propõem sem correr o risco de perda de deadline e consequentemente provocar uma resposta errada.

Fazendo um paralelo, podemos utilizar essa mesma definição para o ambiente hospitalar, onde, numa alteração de quadro clínico é necessária a resposta ou tarefa adequada dentro de um espaço de tempo. Dependendo das conseqüências devidas à perda de deadline, os sistemas de tempo real podem ser subdivididos em:

- ***Soft real time*: completar a tarefa antes do deadline é desejável por questões de desempenho, mas o atraso em si pode não causar conseqüências graves ao sistema. Como exemplo, no ambiente hospitalar, temos serviço de laudagem, geração de imagem, medições de sinais vitais em monitorização de paciente em atendimento não urgente e estabilizado;**
- ***Hard real time*: uma perda de deadline nesse caso pode impactar de maneira catastrófica ao sistema, com conseqüências graves, normalmente. Dentro do ambiente hospitalar temos reposição de medicação, exames médicos, alterações na homeostase do paciente aumentando o risco de morte como PCR entre outros.**

- ***Firm real time*: a tarefa deve ser completada dentro do deadline ou não há necessidade de executá-la. Por exemplo, exames com administração de contraste ou com elementos radioativos. Depois da absorção do contraste pelo organismo ou após o decaimento do elemento radioativo, não há razão para terminar o exame. Será necessário outra administração de fármaco e novo exame.**

Em sistemas de tempo real onde as noções de tempo e de concorrência são tratadas explicitamente, conceitos e técnicas de escalonamento formam o ponto central na previsibilidade do comportamento destes sistemas. Segundo Farines, Fraga e Oliveira (2002), nos últimos anos, uma quantidade significativa de novos algoritmos e de abordagens foi introduzida na literatura tratando de escalonamento de tempo real. Dado que este não é um trabalho que versa exclusivamente de sistemas de tempo real, discutiremos algumas técnicas mais amplas e gerais. Especificamente sobre técnicas para escalonamentos dirigidos a prioridades, visto que trataremos de mensagens de prioridades diferentes.

Inicialmente é importante apresentar alguns conceitos básicos.

Novamente segundo Farines, Fraga e Oliveira (2002), tarefas ou processos formam as unidades de processamento seqüencial que concorrem sobre um ou mais recursos computacionais de um sistema. Cada tarefa, além de apresentar o seu resultado esperado, deve fazê-lo dentro de suas restrições temporais.

Restrições temporais caracterizam os sistemas de tempo real. Cada tarefa tem, inevitavelmente, uma restrição de tempo para o fim de sua execução. O tempo final de execução de cada tarefa, caracteriza o seu *deadline*. Assim como os sistemas foram caracterizados, as tarefas seguem o mesmo modelo:

Tarefas Críticas (tarefas “*hard*”): Uma tarefa é dita crítica quando ao ser completada depois de seu “*deadline*” pode causar falhas catastróficas no sistema de tempo real e em seu ambiente. Essas falhas podem representar em danos irreversíveis em equipamentos ou ainda, em perda de vidas humanas.

Tarefas Brandas ou Não Críticas (tarefas “*soft*”): Essas tarefas quando se completam depois de seus “*deadlines*” no máximo implicam numa diminuição de desempenho do sistema. As falhas temporais nesse caso são identificadas como benignas onde a consequência do desvio do comportamento normal não representa um custo muito significativo.

Além disso, as tarefas podem ser classificadas em função da regularidade de suas ativações:

Tarefas Periódicas: Quando as ativações do processamento de uma tarefa ocorrem, numa seqüência infinita, uma só ativação por intervalo regular chamado de Período, essa tarefa é identificada como periódica. As ativações de uma tarefa periódica formam o conjunto de diferentes instâncias da tarefa. Normalmente, essas tarefas iniciam no momento da inicialização do sistema e permanecem indefinidamente. Exemplo: leitura dos dados biomédicos do paciente e envio regularmente ao destinatário.

Tarefas Aperiódicas ou Tarefas Assíncronas: Quando a ativação do processamento de uma tarefa responde a eventos internos ou externos definindo uma característica aleatória nessas ativações, a tarefa é dita aperiódica. Exemplo: recebimento de um alarme qualquer e envio deste com mais alta prioridade.

Normalmente, as tarefas periódicas pela regularidade e portanto pela previsibilidade, usualmente são associadas a “deadlines hard”, ou seja, são tarefas críticas. As tarefas aperiódicas pela falta de previsibilidade em suas ativações, normalmente, tem “deadlines soft” associados a suas execuções, compondo portanto as tarefas brandas de um sistema de tempo real. Tarefas esporádicas que correspondem a um subconjunto das tarefas aperiódicas, apresentam como característica central a restrição de um intervalo mínimo conhecido entre duas ativações consecutivas e por isso, podem ter atributos de tarefas críticas. As tarefas esporádicas portanto são também associadas a “*deadlines hard*”. As figuras 7 e 8 apresentam características temporais de tarefas periódicas e aperiódicas, respectivamente. Na figura 7, verifica-se que a ativação do processo C_i se dá dentro do período constante P_i . Já na figura 8, a ativação do processo ocorre a momentos aleatórios.

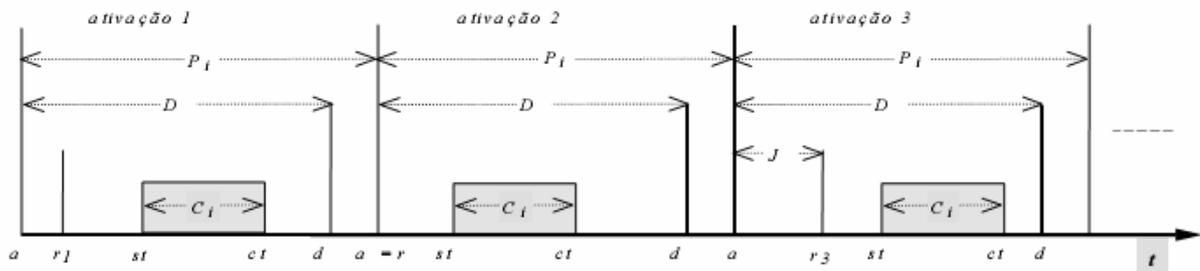


Figura 7 – exemplo de uma tarefa periódica

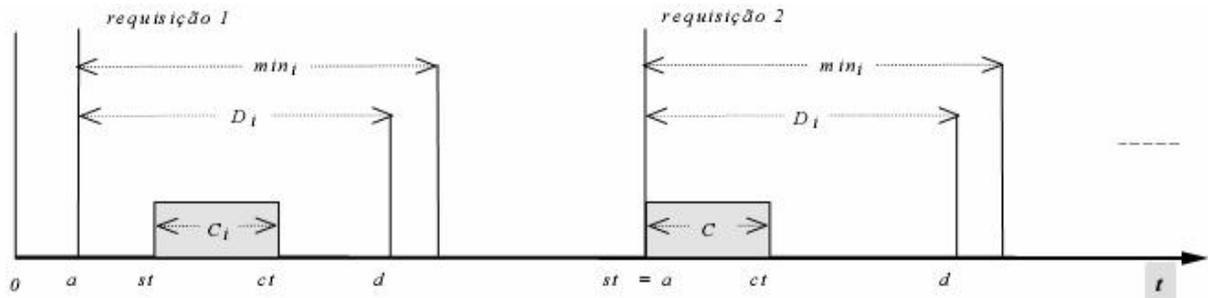


Figura 8 – exemplo de uma tarefa aperiódica

Outras restrições temporais são importantes na definição do comportamento temporal de uma tarefa:

Tempo de computação – “*Computation Time*”: O tempo de computação de uma tarefa é o tempo necessário para a execução completa da tarefa. Nas figuras caracterizado por C ou o box rachurado.

Tempo de início – “*Start Time*”: Esse tempo corresponde ao instante de início do processamento da tarefa em uma ativação. Nas figuras é indicado por st .

Tempo de término – “*Completion Time*”: É o instante de tempo em que se completa a execução da tarefa na ativação. Indicado por ct

Tempo de chegada – “*Arrival Time*”: O tempo de chegada de uma tarefa é o instante em que o escalonador toma conhecimento de uma ativação dessa tarefa. Indicado na figura por a . Em tarefas periódicas, o tempo de chegada coincide sempre com o início do período da ativação. As tarefas aperiódicas apresentam o tempo de chegada coincidindo com o tempo da requisição do processamento aperiódico.

Tempo de liberação – “*Release Time*”: O tempo de liberação de uma tarefa coincide com o instante de sua inclusão na fila de Pronto (fila de tarefas prontas) para executar.

Além disso, observa-se na figura 8 o período P e o *deadline* D que dispensam explicações e o parâmetro min que corresponde ao mínimo intervalo entre duas requisições consecutivas da tarefa esporádica.

O termo escalonamento – “*scheduling*” – identifica o procedimento de ordenar tarefas na fila de Pronto. Uma escala de execução – “*schedule*” – é então uma ordenação ou lista que indica a ordem de ocupação do processador por um conjunto de tarefas disponíveis na fila de Pronto, O escalonador – “*scheduler*” – é o componente do sistema responsável em tempo de execução pela gestão do processador. É o escalonador que implementa uma *política de escalonamento* ao ordenar para execução sobre o processador um conjunto de tarefas. Políticas de escalonamento definem critérios ou regras para a ordenação das tarefas de tempo real, Os escalonadores utilizando então essas políticas produzem escalas que se forem

realizáveis – *feasible*”, garantem o cumprimento das restrições temporais impostas às tarefas de tempo real. Uma escala é dita *ótima* se a ordenação do conjunto de tarefas, de acordo com os critérios pré-estabelecidos pela política de escalonamento, é a melhor possível no atendimento das restrições temporais. Existe uma grande variedade de algoritmos que realizam essa ordenação. Os algoritmos são ditos *preemptivos* ou *não preemptivos* quando em qualquer momento tarefas se executando podem ou não, respectivamente, ser interrompidas por outras mais prioritárias. Algoritmos de escalonamento são identificados como *estáticos* quando o cálculo da escala é feito tomando como base parâmetros atribuídos às tarefas do conjunto em tempo de projeto – parâmetros fixos. Os *dinâmicos*, ao contrário, são baseados em parâmetros que mudam em tempo de execução com a evolução do sistema. Os algoritmos de escalonamento que produzem a escala em tempo de projeto são identificados como algoritmos “*off-line* “. Se a escala é produzida em tempo de execução o algoritmo de escalonamento é dito de “*on-line* “. A partir dessas classificações podemos ter algoritmos off-line estáticos, on-line estáticos e on-line dinâmicos

4.5 COMPUTAÇÃO PERVASIVA

Segundo GEYER (2005):

A computação pervasiva (*pervasive computing*) é uma área recente de pesquisa, considerada o novo paradigma do século XXI, que visa fornecer uma computação onde se deseja, quando se deseja, o que se deseja e como se deseja, através da virtualização de informações, serviços e aplicações. Este ambiente computacional consiste de uma grande variedade de dispositivos de diversos tipos, móveis ou fixos, aplicações e serviços interconectados.

Embora pareça recente, o termo “computação pervasiva”, segundo BUDERI (2001) foi cunhada em 1988 pelo cientista Mark Weiser, do PARC – Palo Alto Research Center. Weiser descreveu um mundo onde cada pessoa pode compartilhar milhares de computadores interconectados porém amplamente distribuídos e escondidos da vista humana, durante 24 horas por dia, 7 dias por semana – a qualquer momento– e 360 graus – em qualquer lugar– denotando o termo 24/7/360. Segundo o próprio Mark Weiser(1996?), numa apresentação sobre os próximos 10 dez anos – até 2006, a computação pervasiva é a terceira onda da computação, conforme pode ser observado na figura 9. Inicialmente a era dos mainframes estabelecia um computador para muitos. Com o advento dos computadores pessoais, os PC’s, entrou-se na era de um computador para uma pessoa e, finalmente, com a computação

pervasiva, serão vários computadores para uma única pessoa. Serão computadores baratos e distribuídos a realizarem tarefas em conjunto.

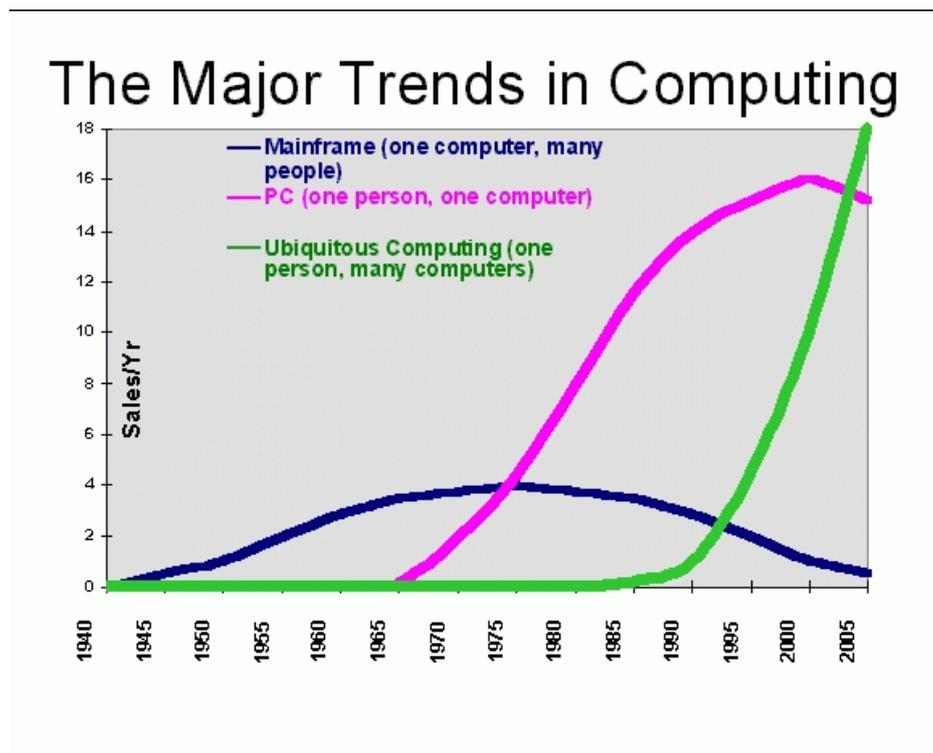


Figura 9 – Projeção da evolução das vendas de computadores, com a emergência da terceira onda, a computação pervasiva

Fonte: Weiser(1996?)

No entanto, a evolução da computação pervasiva se divide em duas correntes radicalmente diferentes. Uma continua a levar o poder computacional aos objetos pessoais cada vez menores como os *laptops*, *PDA's* e os *wearables* – computadores incorporados às roupas do usuário – um relógio digital com múltiplas funções pode ser considerado um wearable. Já a segunda linha acredita que o poder computacional não estará nesses equipamentos e sim na própria rede. Assim, esses dispositivos serão meros mostradores do resultado final do processamento realizado pela rede. Exemplo disso é a estratégia da empresa Google, que disponibiliza ferramentas na internet de editores de texto, planilhas e outros aplicativos que antes só existiam nos discos rígidos de cada computador. Hoje basta ter um terminal que acesse a internet para ter todas as ferramentas de escritório.

Continuando, os laboratórios da AT&T desenvolveram um sensor a ser utilizado por objetos e pessoas para determinar a posição de cada um. Cada sensor delimita uma área de trabalho e quando ocorre da área de uma pessoa encontrar a área de um objeto, esse “reconhece” que aquela pessoa está ali e interage de maneira particular. Por exemplo, se uma

pessoa se aproxima de um computador, este carregará sua área de trabalho para a tela, apresentará seus emails e compromissos e tudo o mais que esta pessoa já esteja esperando. Outro exemplo mais próximo é de um celular que se comunica por *bluetooth* com uma base que está conectado à rede de telefonia fixa. Quando o celular está dentro do raio de alcance da base, este faz ligações como se fosse um telefone fixo, aproveitando a tarifa menor, e recebendo ligações dos dois telefones envolvidos – fixo e móvel. Quando o telefone se afasta da base, ele passa a funcionar apenas como telefone móvel. Ou ainda, há o celular que, estando no carro do dono, ao receber uma chamada, utiliza o sistema de viva voz do carro. Estes são exemplos de computação pervasiva orientada a contexto. Segundo KOFUJI (2005), é quando os serviços de computação sentem aspectos do ambiente – locação, emoção do usuário,... – e adequa os serviços. As aplicações têm seu comportamento determinado pelo estado de contexto. Ainda segundo Takeo, o contexto pode ter várias definições para esta situação:

- **contexto computacional** – conectividade de rede, custo de comunicação, largura de banda de comunicação, recursos das proximidades;
- **contexto de usuário** – perfil do usuário, localização, situação social;
- **contexto físico** – iluminação, ruído, condição de tráfego, temperatura;
- **contexto de tempo** – hora do dia, semana, mês, estação do ano.

Por outro prisma, a computação pervasiva também pode ser encarada como um gerenciador de recursos. Dependendo do processamento que se deseja, o dispositivo disponível pode não ter o poder computacional necessário para desempenhar essa tarefa. Para resolver isso, o dispositivo identifica os equipamentos interligados que têm as características necessárias e disponibilidade para realizar o processamento e envia a informação. Estes equipamentos processam esta informação e retornam a resposta. Cabe ao dispositivo apenas apresentar a informação. Exemplo: uma pessoa está na cozinha e solicita ao dispositivo para ouvir o seu disco preferido. Como o dispositivo não possui as músicas solicitadas, este envia um comando ao tocador de CD para tocar o CD escolhido mas que a música saia pelas caixas de som situadas na cozinha. Outro exemplo é os ASP – *Application Service Provider* – como o Google e tantos outros serviços como o processamento remoto da folha de pagamento, etc... Estes são exemplos de computação pervasiva orientada a recursos.

De uma maneira ou de outra o cerne da computação pervasiva é definir com exatidão os 4 W's – *Who, What, When e Where* ou Quem, O que, Quando e Onde, além do Como (How). A definição correta dessas quatro questões implica na melhor aplicação da computação pervasiva em qualquer contexto.

No entanto, por trás dessa visão de futuro próximo ainda há algumas questões que precisam ser resolvidas, como:

Como proceder se duas ou mais pessoas estiverem no mesmo ambiente e na mesma zona de algum recurso. A quem dar o acesso?

Se cada paciente, funcionário, usuário, enfim, cada ser humano estiver com um identificador, sendo possível localiza-lo em qualquer lugar, como fica a questão da privacidade?

4.5.1 REDES PERVASIVAS

Segundo Ries(2007), as redes pervasivas são caracterizadas pela sua alta heterogeneidade, o que implica em diversas subredes, com protocolos diversos. No entanto, a rede deve fornecer uma conectividade sem fronteiras, satisfazendo o conceito de comunicação de qualquer lugar a qualquer momento.

4.5.2 REQUISITOS PARA COMPUTAÇÃO PERVASIVA

Ainda segundo Ries(2007), os requisitos necessários para computação pervasiva são:

- Suporte a Heterogeneidade – o ambiente pervasivo deve permitir a conexão e a comunicação de dispositivos com diferentes plataformas que utilizam diferentes protocolos e meios de comunicação e diferentes sistemas operacionais.
- Gerenciamento de Recursos – Recursos e serviços se tornam disponíveis e indisponíveis à medida que o tempo transcorre e usuários se deslocam com seus dispositivos. Um ambiente pervasivo deve ser capaz de buscar e descobrir recursos existentes na rede e fornecê-los aos dispositivos e às aplicações sempre que necessários.
- Suporte a Conectividade – Alguns dispositivos pervasivos (como por exemplo PDA), por consistirem de mobilidade, são capazes de conectar e desconectar constantemente da rede pervasiva. O ambiente pervasivo deve ser capaz de permitir essa conexão/desconexão dos dispositivos de acesso à informação sem que acarrete problemas de falhas e no Gerenciamento de Recursos.

- Suporte à Mobilidade – Os dispositivos móveis e os usuários se deslocam constantemente no ambiente pervasivo. Por isso, a computação pervasiva deve dar suporte a esse deslocamento e permitir a esses dispositivos e usuários todos os recursos que necessitarem. Além disso, o ambiente pervasivo deve ser capaz de capturar informações relacionadas a esse deslocamento tais como localização, contexto, etc.

- Suporte a Falhas – Um ambiente da computação pervasiva deve detectar falhas existentes no sistema. Quando detectada alguma falha, o sistema deve tratar dessa falha com base nas informações contidas no contexto do ambiente.

- Suporte a Segurança – Aplicações para sistemas pervasivos exigem mecanismos de segurança mais flexíveis e configuráveis que os tradicionais. O suporte à segurança possui dois requisitos específicos para executar aplicações pervasivas: controlar o acesso de sistemas heterogêneos e controlar o acesso a informações de forma que somente o dispositivo solicitante (autorizado ao acesso a informações) receba as informações requisitadas.

- Suporte a Adaptação e a Reconfiguração – Dinâmica. Um ambiente pervasivo deve permitir suporte a adaptação para suprir a necessidade de um recurso e trazer maior flexibilidade para o sistema. Esses tipos de serviços abordam questões relativas à alteração da estrutura da aplicação e a inserção ou remoção de componentes (HW e SW) em tempo de execução e durante o processamento.

- Suporte a Consciência de Contexto – Um sistema pervasivo tem como uma de suas finalidades principais conhecer o estado atual do usuário e do ambiente, e modificar seu comportamento baseado nessas informações. Um contexto do usuário pode conter diversos requisitos consistindo de atributos como localização física, estado fisiológico (temperatura do corpo, por exemplo), estado emocional (fome, sede, sono), histórico pessoal, etc. Com as informações, o ambiente, com essa funcionalidade, deve antecipar as necessidades do usuário, mas sem inferir em momentos importunos.

- Balanceamento entre Pró-atividade e Transparência – Um ambiente pervasivo deve ser pró-ativo, ou seja, ele deve ser capaz de identificar a intenção de um usuário, através das informações de contexto, para tratar da invisibilidade. Muitas informações de contexto são baseadas na captura de informações do usuário e de contexto do ambiente. Ao mesmo tempo, o sistema deve ser transparente e permitir o usuário executar suas tarefas sem a distração do ambiente em busca de contexto. Por isso, um ambiente pervasivo deve permitir o balanceamento entre pró-atividade e transparência.

- Descentralização – As responsabilidades em um ambiente pervasivo são distribuídas entre os dispositivos pervasivos. Por isso, o sistema não possui um servidor que controla todo ambiente, mas esse controle é feito através de uma colaboração de todos dispositivos compartilhando recursos entre si para execução da aplicação.

5 PROPOSTA DO TRABALHO

5.1 MODELO INTEGRADO DE COMPUTAÇÃO PERVASIVA PARA AMBIENTE HOSPITALAR DE TRATAMENTO INTENSIVO

O modelo integrado de computação pervasiva para ambiente hospitalar de tratamento intensivo, consiste de um modelo de leitura de dados – na maioria das vezes sinais biomédicos, incorporação de informações pertinentes a partir de várias tabelas de decisão, priorização do sinal e envio ao módulo PEM para posterior transmissão por uma rede de receptores/transmissores. Os receptores destinos, receberão as mensagens, as apresentarão de forma adequada e poderão solicitar algum serviço ou dado.

Os equipamentos envolvidos estarão continuamente atualizando suas tabelas de roteamento visando identificar as melhores rotas e garantir o tráfego das mensagens prioritárias. Caso ocorra uma interrupção de uma conexão ou até mesmo de um nó, a rede se recomporá por outros trajetos a fim de garantir a transmissão dos sinais. O mesmo se aplica caso fosse utilizado um nó gerenciador das rotas. Na perda deste, o sistema teria serias dificuldades em prosseguir com seu intento.

A rede pervasiva é “*ad-hoc*”, ou seja, os nós são configurados à medida em que são inseridos na rede e se assemelham às redes sem fio de baixo custo como *bluetooth* e *zigbee*.

Poderia ser cogitada a possibilidade de implementar esse modelo numa rede não pervasiva, no entanto, o gasto computacional, a falta de segurança de transmissão inerente, a não priorização do pacote, a falta de roteamento dinâmico, a não integração entre as redes e principalmente entre os elementos da rede e outros tantos fatores poderiam inviabilizar a não utilização do conceito de computação pervasiva.

Prioritariamente, a premissa principal deste trabalho e do modelo propriamente dito é o bem estar, o auxílio à terapêutica e diagnóstico, o melhor restabelecimento e a segurança do paciente. Se estas características não forem atendidas ou ampliadas com este estudo, o objetivo deste modelo não foi atingido.

No que tange à computação pervasiva, este modelo baseia-se em recursos e serviços, pois são gerados serviços (sinais vitais) que serão transmitidos baseados nos recursos disponíveis.

Devido às particularidades de cada ambiente de CTI, muito da discussão deste trabalho é referenciado de modo genérico e abrangente e, na medida da implantação em um ambiente real, algumas adequações poderão e deverão ser utilizadas. Na medida do possível, será apresentado o melhor caso, mas não há como impor tal modelo de maneira rígida sem que seja estudado o ambiente de implementação. Evidentemente, o modelo consiste dos padrões mínimos de implementação. Sendo assim, as alterações a serem realizadas devido ao ambiente real deverão suportar os padrões mínimos apresentados pelo modelo.

Nesse estudo, toma-se como modelo de equipamento biomédico o monitor multiparamétrico por se tratar do mais o completo dos equipamentos de monitorização de pacientes.

Todas as aplicações desenvolvidas para essa classe de aparelhos podem ser utilizadas com pequenas adaptações – ou nenhuma, para os demais equipamentos de uma unidade de terapia intensiva.

O monitor multiparamétrico, como já discutido anteriormente possui diversas configurações de acordo com as necessidades do tipo de paciente e do tipo de unidade onde ele está empregado. Além da configuração padrão, ainda é possível adicionando novos módulos, englobar outros parâmetros, como frequência cardíaca, temperatura corpórea, pressão invasiva, não invasiva, etc... a tabela 11 apresenta algumas características de 3 dos monitores mais avançados de 3 fabricantes distintos.

Tabela 11 – Quantidade de sensores de sinais biomédicos analisados por alguns monitores multiparamétricos

Parâmetro	Marca A, Modelo a	Marca B, Modelo b	Marca C, Modelo c
ECG	1	1	1
SpO ₂	1	1	1
PNI	1	1	1
Respiração	1	1	1
Temperatura	2	1	2
PI (pressão invasiva)	2	1	2
DC (débito cardíaco)	1		1
EtCO ₂	1	1	1
AG – análise de gases	1		1
EEG	1		
EMG	1		
Pressão Transcutânea	1		
Ventilação	1		
FiO ₂	1		
Tendência	24 h		24 h
Análise de Arritmia	opcional	Sim	Opcional
Análise de ST	Opcional	sim	Sim

Fonte: catálogos dos equipamentos (2006)

Como pode-se observar, os primeiros 6 parâmetros são comuns aos 3 modelos apresentados, sendo que, na prática, isso se confirma. Qualquer que seja o monitor multiparamétrico empregado, dificilmente ele não terá, ao menos, esses 6 parâmetros. O monitor lê os valores dos sensores nele acoplado, processa de acordo com parâmetros pré-configurados e apresenta esses sinais na tela e/ou através de sinais sonoros, caracterizando os alarmes. Além disso, é possível inserir dados pessoais do paciente que podem auxiliar na identificação do mesmo (nome, idade, sexo, etc...) ou em algum cálculo de algum parâmetro, como peso, por exemplo.

Resumidamente, os parâmetros mais comuns nos monitores são os seguintes:

- Entrada
 - Configuração
 - Dados do paciente
 - Nome
 - Leito
 - Sexo
 - Peso
 - Sensores adicionados
 - Alarmes de mínima e de máxima de cada parâmetro

- Liberar o registro dos alarmes e/ou tendências
- Visualização de cada parâmetro na tela (se em modo gráfico e/ou o valor da medida)

- Saída (algumas)
 - Dados da **tabela 11**;
 - Dados do paciente

Para melhor compreensão, podemos definir que cada um desses sinais de entrada e saída serão vistos como serviços e tratados cada um ao seu modo.

Como a proposta deste trabalho é apresentar um protocolo de comunicação entre equipamentos biomédicos e computadores, *PDA's*, *paggers* recebendo e transmitindo os dados comumente utilizados em equipamentos médico hospitalares com confiabilidade e qualidade de serviço, o sinal a ser transmitido ou serviço é processado na camada em análise e montado um datagrama a ser enviado ao nível inferior onde reside o *PEM – Pervasive Environment Manager*.

O *PEM* será responsável pelo recebimento do sinal da camada de protocolo, gerenciamento das prioridades de cada datagrama, roteamento na rede pervasiva, passagem à camada física dos datagramas e indicação por qual ou quais rotas este datagrama deve ser enviado. A análise e definição do *PEM* e de sua camada física não fazem parte deste estudo.

Neste datagrama deverão constar as informações obtidas do EMH além de várias tabelas de decisões que indicarão a quem essas mensagens deverão ser dirigidas e com que prioridade, conforme apresentado na figura 10

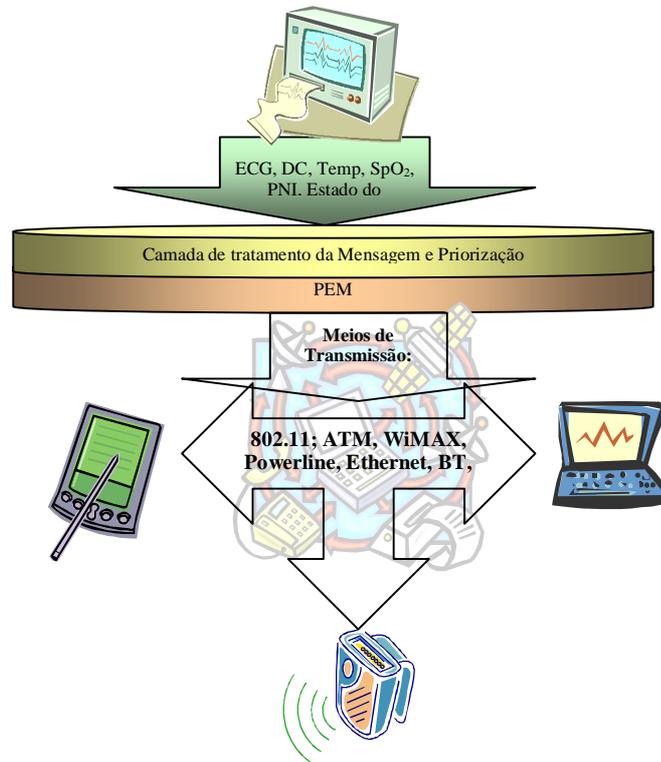


Figura 10 – Diagrama esquemático dos vários níveis envolvendo o modelo integrado de computação pervasiva em ambiente hospitalar de tratamento intensivo

Na figura 10, é apresentado um diagrama de rede pervasiva. Vários equipamentos são conectados aos seus módulos PEM que, por sua vez, montam a rede de acordo com os módulos disponíveis. Na presença de alto tráfego por alguns canais, os módulos PEM's, através das suas tabelas de roteamento, escoam o sinal por rotas mais rápidas. No exemplo da figura 11, o equipamento A deseja enviar uma mensagem prioritária ao equipamento C. No entanto, a rota direta encontra-se em alto tráfego, reduzindo as taxas de transmissão. A solução encontrada pela rede pervasiva e pela análise de suas tabelas de roteamento, é utilizar o enlace A-F-E-C, que embora mais longo, com mais lances, é a rota mais desimpedida. Em casos extremos, onde os requisitos de tempo de transmissão são muito restritos em caso de tarefas hard e firm, ainda pode-se estabelecer reservas de conexões como empregado em ATM, por exemplo. Isso implica em reservar uma parte da taxa de transmissão para que seja ocupada prioritariamente por sinais críticos, como alarmes de risco de morte, no nosso estudo, por exemplo.

6 METODOLOGIA

Visando validar a proposta do trabalho apresentado, foram levantadas as premissas básicas para a formatação mínima do modelo integrado de computação pervasiva para ambiente hospitalar de tratamento intensivo. Como discutido anteriormente, estas premissas apresentadas são as condições mínimas suficientes para a implantação do modelo sendo que, na análise do ambiente real, particular de cada hospital, outros pontos poderão ser adicionados, desde que não ocorra prejuízo destes que estão expostos neste trabalho.

Para levantar essas premissas, foi analisado o ambiente hospitalar de tratamento intensivo, procedimentos operacionais padrão (POP's) para atendimento na área, consulta com o corpo funcional envolvido direta e indiretamente com a área e pesquisa em equipamentos do mercado.

Essas premissas e considerações relevantes apresentadas ao longo do trabalho nortearão a construção das especificações e diretrizes mínimas para a modelagem de uma rede pervasiva em ambiente hospitalar de tratamento intensivo.

Levantadas as premissas básicas, foi realizada uma simulação computacional, de plataforma aberta, do funcionamento do modelo integrado de computação pervasiva para ambiente médico hospitalar de tratamento intensivo na transmissão de sinais biomédicos de um leito de CTI, inclusive com a geração de alarme crítico⁵. Dado que é um caso bem específico e compartimentado, algumas tabelas foram simplificadas, restrições foram impostas, além de considerações focando na otimização do algoritmo, mas não alterando o resultado esperado. Após a execução do programa, foi feito um estudo sobre as tabelas geradas, originando as considerações apresentadas no capítulo seguinte.

A simulação computacional se propõe a executar o sistema completo, desde a entrada dos sinais – gerando-os internamente mas seguindo os padrões de equipamentos comerciais, montagem dos datagramas, ordenação destes pelo módulo PEM, simulando a transmissão dos dados aos receptores. As tabelas resultantes são os datagramas gerados conforme a simulação ocorre, os dados ordenados conforme a prioridade de cada sinal e as mensagens encaminhadas a cada receptor.

Num primeiro instante, tinha-se por idéia gerar esse programa de modo que ocorresse interações com o usuário durante a geração das mensagens e datagramas, permitindo que

⁵ Entende-se por alarme crítico, todo aquele que identifica uma situação emergencial em que o paciente monitorado pode evoluir à óbito caso a situação se mantenha.

alarmes fossem gerados a qualquer tempo apenas clicando em uma ou outra tecla. No entanto, visto que é fundamental, em qualquer experimento científico, a sua reprodutibilidade, a facilidade da interação com o usuário para a geração aleatória de mensagens foi suprimida, devendo ser informado, no início do programa, as características desses sinais esporádicos, como o período em que eles ocorrerão – podendo ser espaçados o suficiente para que não ocorra interferência de um enquanto outro é gerado. Dos sinais gerados, o mais importante a ser verificado é seu período, pois como esses sinais servirão apenas para simular a transmissão, não servindo para nenhuma avaliação clínica, a amplitude do sinal é irrelevante, podendo ser, inclusive, valores alfanuméricos.

A cada sinal gerado é produzida uma linha de log em arquivo específico, identificando a data e a hora no seguinte formato –hh:mm:ss,ss, permitindo a avaliação do processo na esfera dos centésimos de segundo, embora o período dos sinais a serem gerados dificilmente venha a atingir esse grau de definição. Como já foi observado anteriormente em trabalhos anteriores, o período dos sinais pode variar de 250 ms para os sinais gráficos para até muitos minutos, dependendo do tipo de sinal.

6.1 RESTRIÇÕES

Como não é parte desse trabalho desenvolver a camada PEM, o programa simulou a transmissão dos dados por apenas um meio de transmissão com banda reservada que pode ser considerado o melhor meio, caso essa decisão fosse tomada pelo módulo PEM. Como os sinais biomédicos são de prioridade acima dos demais sinais, não há competição entre estes e aqueles sinais. Além disso, o canal é sempre reservado, evitando a perda de tempo com negociação entre os nós tentando estabelecer novas rotas. Após a geração dos dados foi feita uma avaliação envolvendo a velocidade de alguns meios de transmissão.

Os sinais de retorno dos receptores, por serem pequenos e esporádicos não devem impactar na transmissão de dados da rede, sendo que poderão ser simulados no próprio programa.

Os dados administrativos, exames e outros que não sinais biomédicos não foram analisados pelo estabelecimento da banda reservada. De qualquer forma, conforme já discutido anteriormente tanto esses dados não biomédicos como dados de registros das operações e outros, tráfegarão em momento de ociosidade da rede no padrão “*best effort*”.

O programa computacional de simulação foi realizado em C padrão, visando facilitar a portabilidade para diversas plataformas. A única exceção é relativo à biblioteca Conio.h, oriundo dos produtos da Borland, permitindo o posicionamento do texto, melhorando sua legibilidade. Este acréscimo não influenciou no processamento do programa, podendo ser retirado para tornar o programa portátil a outras plataformas

Outro ponto a considerar a utilização de C padrão é que este é compilado, não necessitando ser interpretado no momento da execução, como Java, Corba e outros e por isso C é mais rápido em seu processamento do que as demais linguagens acima.

Como já foi discutido, o algoritmo original previa a inserção de mensagens de acordo com a ação do operador no momento da geração dos sinais. Essa inserção seria para gerar alarmes e solicitar a transmissão de sinais biomédicos por requisição. Essa é a principal alteração empregada no sistema que foi baseado no seguinte algoritmo:

⇒ Módulo principal

⇒ Inicialização:

- Ø Ler a quantidade de sinais que serão trabalhados. Incluir nessa quantidade as mensagens de alarme;
- Ø Ler a quantidade de receptores destes sinais;
- Ø Ler o período de cada sinal;
- Ø Criar a tabela de que sinal será enviado a que receptor e prioridade do sinal;
- Ø Ler o tempo de simulação;

⇒ Gerador de sinais:

- Ø iniciar laço de tempo;
 - § iniciar laço de sinal;
 - gerar sinal no datagrama;
 - inserir data e hora com décimo de segundos no datagrama;
 - Inserir prioridade da mensagem no datagrama;
 - Abrir arquivo módulo PEM para escrita;
 - iniciar laço de receptores;
 - ◆ testar se o receptor receberá esse sinal;
 - ◆ caso positivo, adicionar ao arquivo do pem o datagrama correspondente com indicação do receptor;
 - fechar laço de receptores;
 - fechar arquivo módulo PEM;

- § fechar laço de sinal;
- § Fechar laço de tempo;

⇒ Módulo PEM

- Ø Ordenar os datagramas de acordo com a prioridade da mensagem e com a data de criação;
- Ø Abrir laço de datagrama;
 - § abrir arquivo do receptor correspondente ao datagrama;
 - § Inserir, no datagrama, data e hora atuais;
 - § gravar o datagrama no arquivo correspondente;
 - § fechar arquivo do receptor;
- Ø Fechar laço de datagrama;

⇒ Módulo Receptor

- Ø Abrir laço de datagrama;
 - § apresentar mensagem do datagrama;
 - § Inserir, no datagrama, data e hora atuais;
 - § gravar o datagrama no arquivo final;
 - § fechar arquivo final;
- Ø Fechar laço de datagrama;

Segue a seguir, na figura 12 o fluxograma resumido deste algoritmo:

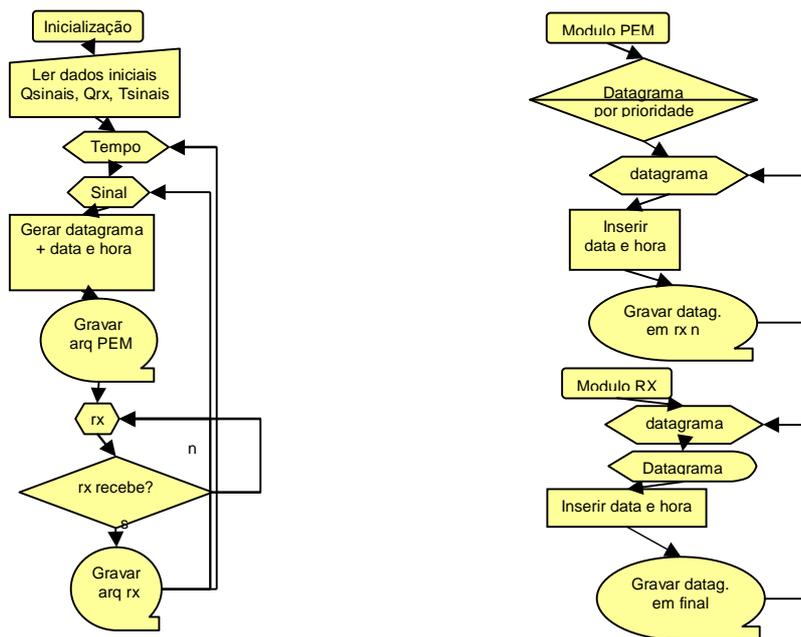


Figura 12 – Fluxograma do programa proposto

Pronto o programa, este foi executado com alguns valores de exemplo utilizando o máximo de receptores e sinais.

A título de demonstração do programa simulador, foram gerados algumas configurações pouco usuais para o que se espera de um ambiente de CTI. Estas configurações serviram tão somente para gerar uma alta carga de trabalho no programa e testar todas as funcionalidades. A figura a seguir mostra a tela padrão do programa simulador.

Entrada das características dos sinais				12:55:46.27						
sinal	Periodo	Prioridade	Tipo	sinal	R00	R01	R02	R03	R04	R05
00	0.10	9	0	00	0	1	0	1	0	1
01	0.20	8	1	01	1	0	1	0	1	0
02	0.30	7	2	02	0	1	0	1	0	1
03	0.40	6	3	03	1	0	1	0	1	0
04	0.50	5	4	04	0	1	0	1	0	1
05	0.60	4	5	05	1	0	1	0	1	0
06	0.70	3	6	06	0	1	0	1	0	1
07	0.80	2	7	07	1	0	1	0	1	0
08	0.90	1	8	08	0	1	0	1	0	1

Dados gravados		sinal	R00	R01	R02	R03	R04	R05
Mensagem #	1530	00		1530		1530		1530
Prioridade	9	01		1525		1525		1525
Receptor destino	5	02		1521		1521		1521
tipo de mensagem	0	03		1516		1516		1516
Mensagem:	mensagem	04		1517		1517		1517
hora:	12:55:46.05	05		1510		1510		1510
Id do paciente:	1234567890CPF	06		1518		1518		1518
Nome do paciente:	Joao da Silva	07		1503		1503		1503
		08		1512		1512		1512

Figura 13 – Tela do programa de simulação

Como pode-se observar, a tela foi dividida em 3 segmentos:

Segmento A: apresenta os dados iniciais do sistema e relógio atual. Na primeira coluna é apresentada a lista de sinais oriundos de um dos equipamentos monitorados ou sensores independentes. Na segunda coluna é apresentado o período de cada sinal em segundos. A prioridade será utilizada para ordenar os sinais no momento do processamento do módulo PEM. O tipo do sinal informa qual sinal está sendo lido, como ECG, temperatura, PNI, etc... Essa relação pode ser definida de maneira arbitrária, desde que os outros parâmetros sejam condizentes com o sinal (frequência e prioridade). Finalmente a tabela de sinais por receptores (RXX) indica, com o dígito 1 quais receptores receberão a mensagem correspondente. A título de ilustração, para esse exemplo, o sinal 00 é recebido pelos receptores R01, R03 e R05,

assim como o receptor R02 recebe os sinais 01, 03, 05 e 07. O relógio serve apenas para acompanhar a execução do programa;

O segmento B são os dados que estão sendo gravados num dado momento para um dos receptores e serve apenas para acompanhamento do processo. São gravados dados como o número da mensagem, a prioridade, qual o receptor daquela mensagem, o tipo de mensagem, a mensagem propriamente dita a hora da gravação, o identificador do paciente e seu nome.

Já o segmento C indica o destino (receptor – Rxx) de cada mensagem com que sinal. Então, no exemplo, temos que a mensagem 1530, recém gerada oi enviada para os receptores R01, R03 e R05, confirmando a informação anterior.

Após os testes de operação, inciou-se uma simulação de acordo com uma configuração possível de elementos envolvendo o atendimento em CTI, como alarmes e sinais vitais disponibilizados.

A configuração exata de cuidadores (assistencial e médicos) e equipamentos (quantidade e densidade de sinais por equipamento) varia de uma instituição para outra, mas sugere-se uma aproximação de um caso típico encontrado na maioria dos setores de tratamento intensivo:

- Monitor multiparamétrico ou monitores separados com os seguintes sinais:
 - 1 sinal vital gráfico – ECG;
 - 4 sinais vitais não gráficos – frequência cardíaca (FC), pressão arterial não invasiva (PNI), temperatura(T) e oximetria (SpO₂);

Além desses ainda foram acrescentados os seguintes sinais a compor a simulação:

- 1 alarme crítico – com risco de morte;
- 5 sinais de retorno dos receptores;
- Variáveis ambientais, como temperatura e luminosidade para monitorar o ambiente e gerando mais conforto ao paciente. Este sinal poderia ser considerado também como registro das condições dos equipamentos. De qualquer forma, o período de emissão do sinal e sua prioridade são altos os suficientes para não dificultar a transmissão do sinal.

Poderia-se gerar mais algum sinal esporádico, mas o impacto no desempenho do programa se mostrou desnecessário.

Os receptores foram distribuídos da seguinte forma:

- 4 cuidadores;
- 1 equipamento de Ressucitação Cardio Respiratória (RCP);

- 1 responsável pelo conforto do paciente ou pela manutenção dos equipamentos;

Sendo assim, a distribuição de sinais por receptores ficou:

Tabela 12 – Distribuição de sinais por receptores (1 indica recepção)

Sinal	Prioridade	Período	R00	R01	R02	R03	R04	R05
ECG	4	0,04 s	1	1	1	1	0	0
Frequência Cardíaca	5	5 s	1	1	1	1	0	0
PNI	5	15 s	1	1	1	1	0	0
T	5	1 s	1	1	1	1	0	0
SpO₂	5	1 s	1	1	1	1	0	0
Alarme Crítico	1	1 s	1	1	1	1	1	0
Retorno dos Receptores	3	3 s	1	1	1	1	0	0
Variáveis Ambientais	6	300 s	0	0	0	0	0	1

A simulação foi executada por tempo suficiente para, ao menos, que todos os sinais sejam enviados várias vezes, de modo a gerar dados consistentes e constantes.

Os dados oriundos dessa simulação foram analisados com o auxílio de uma planilha Excell para tabulação das informações visando identificar possíveis incongruências e perdas de sinais devido ao tráfego gerado.

Além disso, cabe salientar que essa simulação corresponde a apenas um leito de CTI, devendo ser avaliado o impacto desse fluxo para um número considerável de leitos. Se considerarmos a previsão de atendimento da nova unidade a ser implantada no maior hospital público da cidade de Porto Alegre, esse número pode chegar a 49 leitos.

Além do programa, é importante avaliar uma simulação de tráfego, através da transmissão de pacotes de 54 bytes através dessa mesma rede, verificando os tempos médios de transmissão e seus atrasos.

7 RESULTADOS OBTIDOS

O estudo do modelo integrado de computação pervasiva para ambiente médico hospitalar de tratamento intensivo atingiu os seguintes resultados:

7.1 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE REDE

O programa de simulação utilizando a configuração proposta reproduzida na tabela 12 rodou em 5 momentos distintos durante um dia por 10 minutos em um computador notebook Toshiba Satellite A70S249 – Pentium 4 HT 3.06 GHz com 512 Mb de memória RAM, com Windows XP SP2, com o mínimo de programas residentes, ligado na rede de um grande hospital.

Os resultados foram:

Mensagens geradas: 65536 mensagens

Mensagens por segundo: 109,225 mensagens por segundo

Tempo médio entre a geração do sinal e a sua transmissão:0,3 ms

Menor tempo entre dois datagramas (descartando as de mesmo lote):3 ms

Maior tempo entre dois datagramas subsequentes (descartando os de mesmo lote):11 ms

Tamanho da mensagem:8 bytes

Tamanho do datagrama: 48 bytes

Alem disso, a avaliação do tráfego gerado por um conjunto de pacotes de 54 bytes, revelou um atraso médio de 1,6 ms observado para uma rede não degradada conforme proposta apresentada neste trabalho.

Com essa implementação do programa computacional de simulação, a avaliação do tráfego gerado e levantamento dos processos junto aos profissionais e a área envolvida, sedimentou-se as premissas a seguir. No entanto, cabe salientar que essas diretrizes são básicas para a implantação do sistema proposto e, de acordo com a instituição, é possível implementar novas premissas ou complementar as existentes sem que, com isso, ocorra diminuição nos padrões básicos apresentados:

7.2 CONEXÃO E DESCONEXÃO DE EQUIPAMENTOS NA REDE PERVASIVA E CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Quando da entrada de cada equipamento em operação, é necessário que alguns passos sejam seguidos. Esse procedimento deve garantir a correta identificação do equipamento, do paciente e da rede a que ele pertence. Com isto, evita-se divergência de informações, acesso limitado à rede, não identificação do paciente e conexão a redes não autorizadas, evitando uma grande brecha de segurança.

Primeiramente, o equipamento deve ser configurado com a identificação da rede do ambiente em que ele deve ser inserido. Essa informação pode ser registrada uma única vez no setup inicial do equipamento. Mesmo trocando de paciente, não há necessidade de alteração nesse dado, sendo necessária a atualização apenas no caso de alteração da identificação da própria rede em que o equipamento está inserido. Esse procedimento impede que o equipamento se conecte a outras redes que não a correta. Embora se esteja descrevendo uma rede pervasiva num ambiente único, ainda assim pode ser possível a detecção de redes externas, de outros setores do hospital ou de outros empreendimentos nas cercanias. Além disso, não há como descartar o risco de procedimentos ilegais, como tentativas de invasões, visando obter informações confidenciais ou simplesmente atos de sabotagem e vandalismo digitais. Um comando errado ou uma alteração dos parâmetros pode ter conseqüências muito graves nesse tipo de ambiente. Por isso, é importante que essa identificação inicial do equipamento seja feita de maneira a garantir a segurança do nó, de toda a rede e da informação que ali trafega.

Feita a identificação inicial do equipamento, cabe identificar o paciente. Essa identificação pode ser feita automaticamente por dispositivos pervasivos que acompanham o paciente ou manualmente. O paciente pode estar portando uma pulseira que o identifique por RFID – *Radio-Frequency IDentification*, que, em português, significa **Identificação por Rádio Frequência**, por exemplo, que ele recebeu no momento do ingresso no hospital. Essa pulseira pode servir para registrar a sua evolução, os exames realizados e os insumos dispendidos e sua localização no ambiente hospitalar. Ela ainda pode configurar os equipamentos de terapia e monitorização de acordo com as características do paciente. Nome, identificador, peso, idade, sexo, contato familiar, médico responsável, plano de saúde, tipo de sangue, alergias, doenças pré-existentes, exames já realizados, agenda de exames futuros, terapêutica realizada entre outras informações podem ser facilmente transmitida para os

equipamentos e para os receptores dos seus cuidadores. Cabe salientar que todas essas informações estarão disponíveis na base de dados do hospital e que o código da pulseira servirá apenas como indexador dessas informações. Se não for possível a configuração automática desses dados, deve-se prever que apenas a entrada manual do identificador do paciente será suficiente para que os demais dados já relatados sejam carregados nos equipamentos, de acordo com a política de segurança e distribuição de informações.

Para proceder a saída do equipamento da rede, esse deve ser categorizado de acordo com o seu grau de importância ao paciente:

Se o equipamento está diretamente ligado ao paciente ou tem papel fundamental para o seu tratamento, este será classificado como equipamento de classe A e somente poderá se desconectar da rede se enviar um aviso de desligamento aos nós ligados diretamente a ele. Como são equipamentos de monitorização e terapêutica, sinais são enviados a cada instante, mas, caso seja detectado o não envio desses sinais por um tempo máximo estipulado de 30 segundos, um dos nós próximos deve solicitar um sinal de reconhecimento. Esse sinal deve partir do equipamento e não dos módulos de priorização ou PEM, pois estes podem estar funcionando enquanto o equipamento não.

Para os equipamentos receptores, classificados de classe B, mesmo que estes somente recebam sinais de outros equipamentos, ainda assim devem enviar sinais de reconhecimento em períodos não superiores a 1 minuto ou sempre que detectarem a saída de uma célula ou entrada em outra.

Equipamentos de infra-estrutura hospitalar, não ligados diretamente ao paciente ou seus cuidadores, mas que do seu perfeito funcionamento dependem toda a estrutura do ambiente médico hospitalar de tratamento intensivo, como grupos moto-geradores de energia elétrica (GMG's), centrais de gases, caldeiras, bombas de recalque, sistema IT médico entre outros são equipamentos de classe C. Para essa classe de equipamentos, o PEM deverá realizar verificações do estado do equipamento, indicando se em perfeito funcionamento, se alterado, se apresenta alguma falha crítica ou não crítica, se falta insumo para o seu funcionamento (como óleo diesel para os GMG's) ou se está inoperante. Essas verificações devem ser periódicas, com período suficiente para não gerar muito tráfego na rede mas que se possa detectar o problema tão logo ele ocorra. Sendo assim, o período para a maioria dos equipamentos deve ser em torno de 3600 segundos e a prioridade para a verificação habitual é de grau 7. Havendo falha em algum equipamento, a prioridade passa a acompanhar o risco que esta falha representa para o paciente, sendo 0 caso a falha incorra em risco de morte, a 2 caso haja apenas desconforto ao paciente.

Para equipamentos intermediários na rede – classe D, cuja função seja de repetição do sinal simplesmente, não há necessidade de sinais de reconhecimento e de saída da rede, pois a função de atualização da tabela de roteamento de cada nó do ambiente se encarregará de desconsiderar o nó inativo.

Caso os equipamentos classes A, B e C sejam desligados, antes de cessar a energia um aviso de desligamento deve ser enviado aos nós próximos. Onde for detectada uma saída não programada, um alarme deve ser gerado como sinal de prioridade máxima, pois o equipamento parado pode influenciar na terapêutica do paciente incrementando o risco de óbito.

Em situações onde o equipamento serve para a manutenção e suporte de vida do paciente e este ainda esteja conectado, no momento do desligamento, mesmo correto, o alarme ainda deve ser acionado, evitando procedimentos não autorizados, erros de operação, eutanásia, entre outros.

A tabela 13 sintetiza a classificação proposta e as suas principais características:

Tabela 13 – Classificação dos equipamentos e suas características

Classe	Principais Características	Exemplos
A	Equipamentos de suporte de vida e monitoração direta do paciente; Exige processo de conexão e desconexão de rede; É monitorado constantemente pelo ambiente pervasivo; Comportamentos anormais geram alarmes críticos.	Ventiladores mecânicos, monitores multiparamétricos, bombas de infusão, máquinas de hemodiálise, etc...
B	Receptores de mensagens; Exige emissão de sinalização periódica (<i>pooling</i>) e quando entra ou troca de célula.	PDA, pagers, computadores portáteis e celulares da equipe do hospital.
C	Equipamentos de infra estrutura hospitalar; Exigem verificação de status do equipamento esporadicamente; Pooling deve ser espaçado; Deve gerar um alarme quando da falha do equipamento.	Geradores, centrais de gases, caldeiras, bombas de recalque, etc...
D	Nós intermediários; Apenas facilitam a permeabilidade e roteamento do ambiente, servindo como elementos de comunicação e estabelecimento ad-hoc do ambiente pervasivo; Não exigem pooling nem emitem alarmes; Quando tirados da rede apenas determinam um procedimento do ambiente pervasivo (PEM) de atualização das tabelas de roteamento.	Máquinas de refrigerantes, computadores, equipamentos domésticos linha branca (microondas, geladeiras, etc...) desde que integrados na rede pervasiva. Genericamente qualquer equipamento eletro-eletrônico que comporte módulo de conexão para ambiente pervasivo.

7.3 TIPO DE DADOS

Os sinais oriundos dos equipamentos biomédicos ou presentes no ambiente de terapia intensiva importantes para a terapia do paciente devem ser transmitidos compatíveis com a capacidade de comunicação e gráfica do equipamento receptor, taxa de transmissão, prioridade e de acordo com a frequência de amostragem dos sinais e/ou de apresentação no receptor e outros parâmetros a serem discutidos em seguida. Se o receptor não tem interface gráfica, não adianta receber um sinal de ECG. Se o receptor não tem capacidade de atualização rápida da tela, não há necessidade de envio de sinais com frequências altas de transmissão.

Conforme pode ser observado pela figura 5, o sistema já testado de transmissão de dados em broadcast para *PDA* 's é possível, no entanto nota-se algumas limitações como a tela pequena que não favorece a apresentação de sinais gráficos como ECG. Especificamente neste caso, a tela é suficiente para apresentar apenas uma derivação o que limita ainda mais a análise. Com exceção do EEG e EMG todos os outros sinais são apresentados sob forma de gráfico e tabela de dados, onde se denota a necessidade e a importância de apresentação de valor numérico para análise. Por isso, o foco desse trabalho foi sobre os valores numéricos e alarme, delegando a apresentação em forma gráfica para o dispositivo receptor, caso este tenha disponibilidade de tela e processador para apresentar os dados desta forma.

Resumo:

O receptor deverá receber apenas sinais que a sua estrutura (gráficos e taxas de transmissão e recepção) o permitir. Caso exista alguma limitação e que isso implique em desempenho insuficiente para a função, este receptor não pode ser considerado apto para o processo.

7.4 SEGURANÇA

Uma grande preocupação dos serviços de transmissão de dados biomédicos é a questão da segurança da transmissão. Primeiramente, esses sinais exigem ter o mesmo grau de confidencialidade que os dados impressos. Devem ter, necessariamente, um protocolo de criptografia eficiente o suficiente para garantir um grau satisfatório de segurança e, visto que

os sinais são abertos em cada nó PEM para priorização do sinal, este deve ficar encarregado de implementar a segurança necessária.

Além da segurança do trajeto, deve haver a preocupação na segurança da recepção, garantindo o acesso a quem deve receber e quem tem autorização para receber os diversos tipos de informações. Os programas receptores devem ser capazes de identificar os seus usuários de maneira inequívoca e habilitar os dados a que este usuário tem permissão. Por exemplo, ao setor de contas é interessante receber o consumo de algum determinado insumo, como drogas e equipamentos, mas não interessa e nem deve ser permitido receber informações a respeito do estado de saúde do paciente. Já o corpo assistencial tem interesse em receber os dados biomédicos e prioritariamente os alarmes dos equipamentos. Dados cadastrais de pacientes mantêm a mesma diretiva de segurança que os sinais biomédicos. Em suma, deve ser garantido o sigilo de todos os dados oriundos direta ou indiretamente do paciente.

Por isso, a informação necessária e apenas a necessária deve ser disponibilizada apenas a quem necessita e que esteja autorizado para isso. Quem quer que esteja autorizado a receber tais informações deve estar ciente e de acordo (registrado por escrito) da confidencialidade dessas informações.

Resumo:

O modelo deve garantir o sigilo de todas as informações do paciente. Para tanto, estes devem trafegar criptografados pela rede.

O receptor deve identificar o usuário de forma inequívoca (sugere-se biometria) e permitir a recepção apenas de sinais autorizados para aquele usuário.

Qualquer usuário do sistema deve ter conhecimento da política de segurança do sistema, incluindo o reconhecimento do caráter confidencial dos dados e a concordância deve ser documentada e registrada.

Informação somente a quem necessita;

Informação somente a quem autorizado;

Informações diferentes a perfis diferentes;

Informação somente a necessária;

7.5 DISTRIBUIÇÃO DAS INFORMAÇÕES

Para facilitar a distribuição de informações na medida correta e de uma maneira geral, deve-se implantar o sistema de perfis de acesso, determinando as informações pertinentes a cada perfil. Assim, criam-se classes de usuários e classes de dados. Para cada cruzamento de uma classe de usuário e uma classe de dados, é gerada uma regra de distribuição. Essa regra pode ser:

- *Broadcast* quando o sinal é enviado de uma maneira geral a todos os integrantes do grupo e de forma automática e indiscriminada.

Por requisição quando o sinal é enviado apenas quando há solicitação do receptor por aquela informação específica.

Não aplicável quando não compete àquela classe de usuário ter acesso àquela classe de dados.

Deve-se tomar especial atenção ao modo *Broadcast*, pois, dependendo das taxas de atualização dos sinais, essa transmissão pode impactar de modo crítico o desempenho da rede.

A liberação de dados por usuários não deve ser implementada pois a atualização dos dados torna-se longa e com sérios riscos de brechas de segurança.

A tabela 14 é apresentada com alguns dados sugeridos. Nem todos os serviços estão representados e alguns ainda podem ser suprimidos. A regra de distribuição nesta tabela é apenas uma sugestão, devendo acompanhar a política de segurança de dados da instituição, sempre lembrando a premissa discutida anteriormente.

Tabela 14 – Distribuição dos dados pelos vários perfis

	Médico plantonista	Médico assistente	Médico titular	Enfermagem	Contas	Internação
Dados biomédicos	Por requisição	Por requisição	Por requisição	Broadcast	Não aplicável	Não aplicável
Medicação	Broadcast	Broadcast	Broadcast	Broadcast	Broadcast	Não aplicável
Insumos	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Broadcast	Não aplicável
Alarmes classe 0	Broadcast	Por requisição	Broadcast	Broadcast	Não aplicável	Não aplicável
Alarmes classe 1	Broadcast	Por requisição	Broadcast	Broadcast	Não aplicável	Não aplicável
Históricos de alarme e tendências	Por requisição	Por requisição	Por requisição	Por requisição	Não aplicável	Não aplicável
Dados pessoais	Somente para identificar a fonte do sinal	Completo, apenas leitura	Completo			

Além disso, é importante que outra tabela de decisão seja montada em relação às pessoas envolvidas no processo, pois nem todos os médicos, por exemplo, devem e podem ter acesso a todos os pacientes e sim apenas àqueles a que eles estão prestando atendimento e no status pré-definido acima. A tabela 15 apresenta um exemplo de paciente por status do médico:

Tabela 15 – Status dos médicos em relação aos pacientes

	Médico A	Médico B	Médico C	Médico D
Paciente A	Plantonista	Assistente	Titular	Assistente
Paciente B	Plantonista	Titular	Assistente	Titular
Paciente C	Plantonista	Assistente	Titular	Assistente
Paciente D	Plantonista	Titular	Assistente	Titular
Paciente E	Plantonista	Assistente	Titular	Assistente
Paciente F	Plantonista	Titular	Assistente	Titular

Sendo assim, o médico A teria acesso de médico plantonista para todos os pacientes tendo informações, por requisição, dos dados biomédicos, históricos de alarme e tendência e por broadcast à medicação e alarmes. O médico B teria acesso de médico assistente para os pacientes A, C e E, tendo informações por requisição, dos dados biomédicos, Alarmes, Históricos de alarme e tendência e por broadcast à medicação. Este mesmo médico, para os pacientes B, D e F teria acesso de médico titular com os acessos já definidos na tabela anterior. O inverso ocorreria com o médico C em relação aos acessos aos dados dos mesmos pacientes já analisados.

Este tipo de tabela de decisões pode ser estendida ao grupo assistencial e aos outros setores do hospital que necessitam de tais informações. Evidentemente, a não presença de um grupo ou pessoa nessas tabelas implica obrigatoriamente na desqualificação de acesso aos dados especificados.

Sendo assim, mesclando essas duas tabelas anteriores, a tabela resultado seria:

Tabela 16 – Tabela final de relação entre mensagens e destinos

Classe de dados	Classe de usuário	Usuário	Distribuição
Dados biomédicos paciente A	Médico plantonista	Médico A - João	Por requisição
	Médico assistente	Médico B1 Médico B2	Por requisição
	Médico titular	Médico C	Por requisição
	Enfermagem do posto	Enfermeira A1 Enfermeira A2 Enfermeira A3	Broadcast
	Enfermagem do andar	Enfermeira B1 Enfermeira B2 Enfermeira B3	Broadcast
	Contas	Não aplicável	

Medicação paciente A	Médico plantonista	Médico A - João	Por requisição
	Médico assistente	Médico B1	Por requisição
	Médico titular	Médico B2	
	Enfermagem do posto	Médico C	Por requisição
		Enfermeira A1	Broadcast
	Enfermeira A2		
	Enfermeira A3		
	Enfermagem do andar	Enfermeira B1	Broadcast
		Enfermeira B2	
		Enfermeira B3	
	Contas	Não aplicável	
Insumos paciente A	Médico plantonista	Não aplicável	
	Médico assistente	Não aplicável	
	Médico titular	Não aplicável	
	Enfermagem do posto	Não aplicável	
	Enfermagem do andar	Não aplicável	
	Contas	Secretária A	Broadcast

Resumo:

Deve ser implementado um sistema de distribuição de classes de dados por classes de perfis de acordo com a política de segurança da instituição, sem desconsiderar os itens anteriormente discutidos.

O sistema de distribuição de dados deve abranger apenas quem deve receber as mensagens. Classes não explicitamente habilitadas a receber um determinado tipo de sinal não devem recebê-lo.

7.6 COMUNICAÇÃO M2M (*MACHINE TO MACHINE*)

Além da discussão do tópico anterior, ainda pode-se implementar a funcionalidade de comunicação M2M, permitindo que, além dos cuidadores, alguma máquina possa ser avisada para aprimorar o atendimento. Como exemplo, foi implantado num hospital de referência de Porto Alegre, um sistema que, gerado um alarme de parada cardíaca em um dos andares que não a CTI (2º andar), um dos elevadores, mesmo em movimento, interromperá o seu curso e irá, sem escalas, ao 2º andar para o embarque da equipe de parada cardíaca. Chegando a equipe, o elevador é liberado para se encaminhar até o andar da emergência. Somente após esse último passo, o elevador passa à sua programação original.

Outra possibilidade é o acionamento de sinalizadores visuais e/ou acústicos nos quartos em que foram gerados os alarmes e nos equipamentos de emergência ou de suporte

mais próximos do local da crise. No entanto, estes não devem ser os únicos a serem acionados.

Além disso, deve-se prever, no protocolo PEM, o reconhecimento, seguidamente, dos equipamentos que compõem a rede, incluindo os receptores ativos, sem a necessidade de interação com o usuário. O roteamento deve ser seguidamente analisado e as rotas de menor caminho devem ser sinalizadas e reservadas para as mensagens de alta prioridade. A partir dessas informações, a tabela de destino pode ser otimizada e o tempo de transmissão reduzido.

Resumo:

O protocolo PEM deve identificar, continuamente, os nós ativos e principalmente os receptores. Com esses dados, a tabela de transmissão deve ser otimizada.

As rotas de menor caminho (mais rápidas) devem ser sinalizadas e reservadas pelo menos para as mensagens de alta prioridade.

Equipamentos podem ser integrados à rede tendo como função não só mais um nó mas permitindo o auxílio no tratamento.

Equipamentos não devem ser os únicos receptores acionados. Cuidadores devem ser avisados, principalmente dos sinais de alta prioridade.

Caso o equipamento esteja apto a realizar manobras automáticas em situações críticas e não seja previsto o atendimento imediato de cuidadores, essas operações devem ser garantidamente concluídas sem falhas. Se necessário, utilizar redundância de sinal e equipamentos.

7.7 CANAL DE SERVIÇO DOS EQUIPAMENTOS (MANUTENÇÃO E VARIÁVEIS AMBIENTAIS)

A maioria dos equipamentos médico-hospitalares possui ao menos uma rotina inicial de auto teste para verificar o seu perfeito funcionamento. Alguns mais avançados realizam essa rotina completa de tempos em tempos e outros tantos monitoram o desempenho de alguns componentes isolados que são críticos para o seu perfeito funcionamento. Em caso de falhas, um alarme é gerado. Em caso de detecção de proximidade de fim de vida do componente, um aviso é apresentado. No primeiro caso, o equipamento pode parar ou não e, neste caso, correndo o risco de comportamento errático, já no segundo isso não acontece até

que a situação do equipamento evolua para a primeira situação. Por isso, é importante considerar as mensagens de proximidade de fim de vida dos componentes para evitarmos as paradas dos equipamentos e, mais importante ainda, caso nenhuma ação preventiva tenha sido tomada, atentar para o alerta das falhas propriamente ditas dos equipamentos.

Além das falhas e paradas, ainda há a considerar a extinção do insumo dos equipamentos, como fim de medicamento nas bombas de infusão, por exemplo.

Estendendo um pouco essa visão, cabe analisar e acompanhar as questões ambientais do leito de CTI, como temperatura, umidade, luminosidade, barulho, pessoas presentes, já que muitas vezes o paciente está desacordado ou imobilizado, impossibilitando-o de chamar a assistência para melhor ajustar essas variáveis que podem estar gerando desconforto.

Finalmente numa análise mais ampla, embora as centrais energéticas não esteja no ambiente de CTI, elas são responsáveis pelo fornecimento de insumos que contribuirão para o diagnóstico, terapêutica, conforto e segurança do paciente. Assim, centrais de ar comprimido, gases, subestação de energia elétrica, geradores, caldeiras, centrais de ar condicionado, centrais de bombas, etc... devem ser monitorados.

Todos esses sinais devem ser disponibilizados pelos sensores de cada equipamento ao módulo de computação pervasiva e este deverá se encarregar de enviá-los a quem de direito.

A prioridade destes sinais é definida de acordo com o impacto para o paciente. Então, sinais de paradas ou falhas de equipamentos e falta de insumo serão tratados com prioridades de 0 a 2, de acordo com o risco ocasionado por esse evento ao paciente. Já os testes automáticos para a verificação dos equipamentos serão tratados como prioridade 7. O registro de alterações do equipamento (log) deverá ter uma prioridade de 8. Já as variáveis ambientais terão uma prioridade de nível 6. Todos esses sinais de prioridade acima de 6 deverão ser transmitidos em “*best effort*”, ou seja, em momentos de ociosidade da rede, não devendo competir com os outros sinais de prioridade mais crítica.

Em alguns casos, quando ocorre alguma alteração de equipamentos ou insumos mas o sinal é restabelecido, é importante que este restabelecimento seja tratado com a mesma prioridade do sinal da alteração para que o setor responsável possa tomar as devidas providências de acordo com as informações recebidas.

Resumo:

As informações de teste e desempenho dos equipamentos e seus componentes, assim como a falta de seus insumos devem ser enviados à equipe responsável com a prioridade correspondente ao risco ao paciente.

Registros corriqueiros, alteração de parâmetros, indicadores de perfeito funcionamento, variáveis ambientais e outras informações que não representem risco ao paciente devem ser enviados em momentos de ociosidade da rede.

7.8 REENVIO DE MENSAGENS

Ainda cabe posicionar, num ambiente crítico como esse, um sistema de redundância do sinal em caso de não atendimento pelo pessoal responsável. Por exemplo, o pager ou o PDA pode estar desligado no momento da geração de um alarme crítico o que pode impactar na não resposta do operador. Caso isso ocorra, deve-se prever a transmissão do alarme para outro grupo que possa responder adequadamente em qualidade e em função do tempo de atendimento. Por exemplo, um alarme de importância intermediária, como falta de soro, pode ser primeiramente enviado a um determinado enfermeiro ou grupo de enfermeiros. Caso esse alarme não seja atendido num certo tempo ou o receptor não tenha sido encontrado e, conseqüentemente, a mensagem não tenha sido entregue, então outra pessoa deverá ser acionada. Novamente uma tabela auxilia na explanação:

Tabela 17 – Tabela de decisão de re-envio de mensagem

Sequencia	Receptor	Tentativas	Tempo entre tentativas	Tempo limite total	Sem resposta do receptor
1	Enfermeiro A Grupo A	n_1	t_1	tl_1	Passar imediatamente para o próximo
2	Enfermeiro B Grupo B	n_2	t_2	tl_2	Passar imediatamente para o próximo
3	Posto Local	n_3	t_3	tl_3	Passar imediatamente para o próximo
4	Posto Central	n_4	t_4	tl_4	Passar imediatamente para o próximo
5	Enfermeira executiva	n_5	t_5	tl_5	Passar imediatamente para o próximo

Essas verificações devem ocorrer apenas na origem e no destino do sinal, pois não compete aos nós intermediários avaliar os direitos de segurança envolvidos.

Os tempos apresentados na tabela acima ainda poderão contar com uma margem elástica caso eles sejam considerados *soft real time*.

Deve-se considerar que o último nível é a última solução possível, com garantia efetiva de que, embora a qualidade do atendimento não esteja a contento, pelo menos o atendimento em si ocorra.

Para cada tipo de mensagem, ou grupos de mensagens, deve haver uma tabela semelhante a esta. Um alarme de baixa prioridade pode ter um tratamento diferente de um sinal de alta prioridade.

Os tempos serão discutidos a seguir.

Resumo:

Quanto maior a prioridade do sinal, maior o esforço em transmitir a informação;

Priorizar a chamada para quem é capacitado e está mais próximo do atendimento;

Se receptores da equipe ou pessoa de nível i não atender ao chamado por n vezes, passar a chamar equipe ou pessoa de nível $i+1$;

Assegurar que ao menos o último nível seja chamado;

Deve haver uma tabela de decisão de para reenvio de mensagens para cada grupo de mensagens, pelo menos.

7.9 SINAIS EM TEMPO REAL

A luz dos sistemas em tempo real, alguns sinais podem ser considerados *hard* e outros *soft*, diferindo principalmente no resultado caso ocorra atraso na recepção.

Os sinais de monitoração presentes quando o paciente está estabilizado, podem ser considerados *soft* e periódicos, pois estão dentro de um processo cíclico de leitura do sensor, disponibilização do sinal e transmissão do sinal. Para estes sinais, a perda de um deles não provoca um dano irreversível. Visto que a variação dos sinais vitais de um paciente estabilizado se dá de forma lenta e gradual, estes sinais podem ter períodos da ordem de segundos a poucos minutos, dependendo do sinal e do tráfego existente. Por isso, pode-se considerar estes, dentre a classe de sinais biomédicos, como de baixa prioridade.

Já para os sinais esporádicos, como alarmes e alterações de configuração, o tempo de resposta é determinante e por isso deve-se considerar tais sinais como *hard*. Além disso, o deadline de tais tarefas deverá ser pequeno, da ordem de poucos segundos, deixando a margem de segurança para o deslocamento da equipe e demais procedimentos de urgência, quando necessário.

Para cada sinal periódico deverá ser arbitrado o período máximo admitido lembrando que não deve ser curto o suficiente para ocupar toda a transmissão com um sinal após o outro nem tão longo o suficiente que não possa identificar a tendência do sinal ou que não possa caracterizar o próprio sinal.

Resumo:

Soft Real Time indica prioridade branda

Paciente estabilizado – sinais vitais – periódicos, período longo e soft real time

Hard Real Time indica prioridade crítica - alarmes

7.10 PRIORIDADES

A definição das prioridades deve seguir a lógica de risco de morte ao paciente. Quanto mais indica o risco do paciente, mais crítica será a prioridade deste sinal. O sinal mais prioritário deve ser o zero que corresponde aos alarmes críticos, alterações severas, parada cardio-respiratória e tantos outros sinais de mesmo peso. Este e os outros tipos de sinais estão apresentados na tabela 18:

Tabela 18 – Prioridades dos sinais

Tipo de sinal	Prioridade
Alarme Crítico (risco de morte)	0
Alarme Intermediário (Sinais vitais fora dos limites, mas sem risco de morte)	1
Alarme Baixo (desconforto)	2
Retorno dos receptores	3
Sinais Vitais Gráficos	4
Sinais Vitais Alfanuméricos	5
Variáveis Ambientais	6
Status de Manutenção do Equipamento	7
Log do Equipamento	8
Transmissão de dados administrativos	9

Este tipo de informação não deve ser alterado visando a compatibilidade entre equipamentos e receptores.

Em situações críticas de emergência, caso não seja possível enviar os datagramas menos prioritários, estes podem ser descartados, da mais baixa prioridade (9) até, no pior

caso, o sinal de prioridade 4. Os sinais de prioridade 0 a 3 não devem ser descartados na transmissão.

7.11 DATAGRAMA

Para transitar as informações do módulo ligado ao equipamento de monitorização ao PEM, deve-se usar um modelo padrão de datagrama. Este modelo deve procurar atender a todos os sinais existentes, prever a possibilidade de utilização futura e, pelos mesmos motivos dos sinais periódicos, não deve ser tão grande que inviabilize a transmissão nem tão pequeno que demande processamento demasiado para dividir e remontar o sinal. O datagrama não deve comportar alterações para permitir a comunicação dos equipamentos.

Esse datagrama poderá ser estruturado com as seguintes informações:

Tabela 19 – Estrutura do datagrama

informação	Localização	Tipo (utilizando o padrão de Ansy C)
Prioridade da mensagem	Gerado no módulo	unsigned char (1 byte)
Identificador do paciente	Armazenado no módulo ou equipamento	char [14] (14 bytes)
Nome do paciente	Armazenado no módulo ou equipamento	char [15] (15 bytes)
Identificador da mensagem	Gerado no módulo	unsigned long (4 bytes)
Tipo de mensagem	Gerado no módulo	unsigned char (1 byte)
Valor da mensagem	Gerado no equipamento	char [8] (8 bytes)
Mensagem anterior	Gerado no módulo	unsigned long (4 bytes)
EOM (<i>End of Message</i>)	Gerado no módulo	char (1 byte)

Observações

Prioridade – A primeira posição para a prioridade visa facilitar o processamento caso a mensagem seja prioritária;

Identificador do Paciente – A utilização de chaves conhecidas, como RG e CPF ajudam a evitar a duplicidade de registros do mesmo paciente com identificadores diferentes. Isso é muito usual quando o paciente já tem passagem pela unidade de saúde e, no momento do próximo atendimento é gerado um novo registro sem descartar o primeiro. Os primeiros 11 elementos desse campo são alocados para o número do documento e os últimos 3 servem para identificar a origem desse registro;

Nome do paciente – tem a finalidade de confirmar a informação anterior e permitir que o atendente trate o paciente de maneira mais humana. Deve suportar ao menos 15 caracteres;

O identificador e o nome do paciente deve ser lido do equipamento, armazenado tanto no módulo quanto no equipamento e de tempos em tempos, o módulo deve consultar o equipamento sobre essa informação. Deve-se prever que, na alta do paciente ocorrerá a limpeza de todas as informações;

Identificador da Mensagem – permite manter o controle sobre o tráfego entre o módulo e o PEM além de permitir enviar mensagens maiores que um datagrama;

Tipo de Mensagem – permite identificar como apresentar a mesma nos receptores. Pode-se determinar 1 – alarme; 2 – sinal crítico; 3 – sinal de avaliação; 4 gráfico... Com isto, o receptor pode responder de maneira distinta de acordo com a mensagem. Se for um alarme, por exemplo, ele pode utilizar de todos os recursos para chamar a atenção. Se for um gráfico, ele pode comutar para tela gráfica ou apresentar uma mensagem de texto caso contrário;

Valor da Mensagem – é o sinal propriamente dito. Pode ser texto, números ou uma seqüência de números que formarão um gráfico. Na criação de diversos protocolos, a questão mais crítica é realmente o tamanho final do datagrama, pois ele não pode ser pequeno o bastante a ponto de gerar vários pacotes e reduzir o desempenho da rede devido ao encaminhamento de tantos pacotes e não pode ser grande o suficiente a ponto de desperdiçar o tamanho e torna-lo ineficiente;

Mensagem Anterior – Caso a informação a ser enviada seja grande o suficiente que não caiba no datagrama, é possível dividi-la em tantos datagramas quanto forem necessários para enviá-la. Esse campo informa de qual mensagem essa é complemento;

- *End of Message* – **Fim da Mensagem** – indica quando esse datagrama é o final da mensagem. Esse campo é importante para o envio de mensagens extensas, conforme visto anteriormente;
- *Total do datagrama*: **48 bytes**. Supondo que este seja encapsulado em uma célula ATM, será necessário uma célula para um datagrama, ficando em 54 bytes com os cabeçalhos característicos.

Resumo:

O datagrama não deverá comportar 48 bytes de dados.

O datagrama não deve ser alterado sob pena de incompatibilidade entre sistemas.

7.12 TEMPOS ESTÁTICOS DE TRANSMISSÃO E RESPOSTA

Os tempos estáticos de transmissão e resposta para os diferentes momentos podem diferir para cada instituição, no entanto, um valor mínimo deve ser arbitrado visando a segurança e conforto do paciente. Após a implantação do sistema, os registros de atendimento podem ser utilizados para uma avaliação dos tempos envolvidos e posterior adequação desses tempos. Com isto, a instituição serve de *benchmark* para si mesma.

Para a definição dos tempos mínimos de transmissão das mensagens, deve-se considerar a prioridade do sinal, o tamanho do mesmo e a rede envolvida.

Conforme visto anteriormente, o tempo médio de atraso dos dados das centrais de monitores, considerado como *near real time*, é de 30 ms para qualquer tipo de sinal. Esse é o tempo médio para que um sinal de um monitor multiparamétrico seja encaminhado até a central de monitores e deste ponto até o receptor.

O tamanho do datagrama é fixo, não sendo fator de variação dos tempos envolvidos.

A rede de transmissão será discutida em seguida.

Para garantir o atendimento dentro dos padrões esperados, pode-se determinar que 60 ms (o dobro do tempo dado como *near real time* das centrais de monitores) seja o tempo esperado para sinais com períodos baixos, como os sinais gráficos por necessitar de atualização constante e sinais de alta prioridade, como alarmes de risco de morte.

Para sinais de media prioridade e sinais vitais, pode-se determinar como tempo de transmissão satisfatório, 1 segundo, no máximo. Esse tempo, arbitrário, surge da não urgência da transmissão dos sinais envolvidos e esse conceito será empregado na determinação dos tempos seguintes.

Para sinais de baixa prioridade, excetuando-se os administrativos, determina-se tempo máximo de transmissão de 10 segundos.

Para os sinais administrativos e outros não diretamente relacionados ao paciente, visto que estes trafegarão em momento de ociosidade de rede poderão ter tempos bem maiores, podendo estabelecer 1 minuto de tempo de transmissão apenas com o intuito de assegurar o tempo de retorno da mensagem de recebimento.

O tempo de reenvio ou tempo entre tentativas, tratado no tópico anterior, evidentemente deve ser maior que o dobro desses tempos, para que o sinal possa trafegar até o receptor e este responder com uma mensagem de recebimento. Deve-se considerar um tempo para o processamento da informação pelo receptor.

Os tempos de transmissão não devem ser excessivamente baixos para não condenar as tecnologias atuais de transmissão e não altos para incorrer em risco para o paciente;

O tempo de resposta envolve o tempo da saída do PEM, a apresentação do sinal e o retorno. Sem apresentação do sinal no receptor não pode haver retorno.

Em caso de sinais críticos o retorno se dará após o reconhecimento do cuidador.

Ainda, estabelece-se, em caso de alarme crítico, um tempo máximo de presença em leito de 1 minuto a ser gerado quando do acionamento de botão no módulo do equipamento.

Resumo:

Tipo de Sinal	Tempo de transmissão	Tempo de resposta
críticos e/ou com risco de morte	60 ms	200 ms
com períodos abaixo de 1 s (gráficos)	60 ms	200 ms
média prioridade	1 s	3 s
Sinais vitais textuais (não gráficos)	1 s	3 s
baixa prioridade, exceto os administrativos	10 s	30 s
administrativos e outros	1 min	3 min

7.13 TEMPOS DINÂMICOS DE TRANSMISSÃO

Além do tempo envolvido na transmissão dos sinais, deve-se prever os tempos envolvidos no roteamento dos pacotes. Embora a atualização do roteamento aconteça nos momentos de alteração de rede, esse tempo de reestabelecimento de rotas deve ser considerado pois influenciará no tempo total de transmissão e resposta dos sinais.

Pelas características descentralizadas das redes pervasivas, com conexões ad-hoc, espera-se que o roteamento seja distribuído entre os vários nós que participam da rede. Nesta classe de algoritmos de roteamento cada nó troca, periodicamente, informações de roteamento com outros nós da rede (por exemplo, com os nós vizinhos).

Baseado então em informações locais e informações provenientes de outros nós da rede, cada nó toma suas decisões de roteamento.

Outra premissa da computação pervasiva é a utilização de mais de um meio de transmissão entre dois nós. Em muitas redes, existe mais de um caminho "ótimo" entre pares de nós. Nestes casos uma boa performance pode ser obtida dividindo-se o tráfego por esses diversos caminhos, de forma a reduzir a carga em cada link. A técnica de utilizar múltiplas

rotas entre um par de nós específico é chamada de MULTIPATH ROUTING ou roteamento bifurcado ou ainda roteamento multi rotas.

Este tipo de roteamento se aplica tanto para redes do tipo DATAGRAMA quanto para redes do tipo CIRCUITO VIRTUAL. Nas redes do tipo Datagrama, quando um pacote chega a um nó este escolhe uma das rotas possíveis de saída, independente da rota que o pacote anterior seguiu; já nas redes com implementação por Circuito Virtual, os pacotes de uma mensagem seguem sempre uma das rotas ótimas, mas diferentes circuitos virtuais podem ser escolhidos para diferentes mensagens, mesmo que os dois nós sejam os mesmos.

Roteamento Multi-rotas pode ser implementado, por exemplo, da seguinte maneira: cada nó mantém uma tabela com uma linha para cada nó destino. Nesta linha estão listadas a melhor rota, a segunda melhor rota, a terceira melhor rota e assim por diante; para cada uma dessas rotas temos um peso associado. Quando o nó recebe um pacote para ser retransmitido ele examina a linha correspondente ao destino da mensagem, gera um número randomico e, em função deste número e do peso associado a cada uma das possíveis rotas escolhe o caminho a ser seguido. Esta tabela pode ser carregada nos nós durante o processo de inicialização da rede, não sendo alterada após isto, a não ser que ocorra entrada e saída de nós após a inicialização da rede

Uma vantagem deste tipo de roteamento sobre o de Caminho mais Curto é a possibilidade de enviar tráfegos de classes diferentes através de rotas diferentes. Este tipo de roteamento pode também ser utilizado para incrementar a confiabilidade da rede. Em particular, se a tabela de roteamento possui n rotas disjuntas entre cada par de nós da rede, então a subrede suporta a perda de $n-1$ linhas sem haver a divisão da rede em duas partes.

Uma simples forma de implementar este tipo de algoritmo (garantindo que todas as rotas alternativas são disjuntas) é primeiro determinar o caminho mais curto entre a fonte e o destino. A seguir, vamos remover do grafo todos os nós e arcos usados no caminho mais curto e calcular um novo caminho mais curto. Este algoritmo garante que falhas que ocorrerem no primeiro caminho mais curto não irão afetar as demais rotas alternativas.

Excluindo-se agora o segundo caminho mais curto podemos determinar a terceira opção, e assim sucessivamente.

Sendo assim, o tempo de processamento do roteamento consiste no somatório dos algoritmos de caminho mais curto para todas as opções. No entanto, dado a necessidade de rápida reorganização das tabelas de roteamento, esse processo deve ser limitado ao número necessário de caminhos até que um tempo máximo seja atingido. Esse tempo, mesmo que os

datasheets dos principais roteadores indiquem valores pequenos em relação aos tempos do item anterior, não deve ser grande o suficiente para impactar no processo.

Adotando-se o algoritmo de Dijkstra ou o algoritmo de Bellman – Ford AHO (1996) para determinar a menor rota no pior caso – de uma ponta a outra da rede, verifica-se que o processamento envolvido em ambos, compreende tantos passos quanto nós existirem entre este nó e o mais distante.

O tempo avaliado é uma relação direta com a forma de implementação e codificação do algoritmo de roteamento em cada um dos processadores que compõem a rede pervasiva e que estão executando o PEM. Nesse sentido, não há forma direta de cálculo desse atraso decorrente do processo de roteamento da rede, mas algumas considerações poderão ser apresentadas AHO (1996):

O tempo de processamento é uma função

$$O(V^2+E), \quad (1)$$

onde V é o número de vértices – nós e E o peso dos caminhos envolvidos. Sendo assim, o tempo de atraso assumido apenas no momento do novo roteamento da rede será proporcional ao quadrado do número de nós envolvidos unindo a origem ao destino da mensagem.

Nessa situação, assumindo um tempo $T_{Dijkstra}$, o tempo de interação do algoritmo no processo de roteamento, o tempo de atraso dispendido pelo roteamento será proporcional a $O(V^2)$.

Então, o tempo total de atraso decorrente do processo de roteamento da rede:

$$T_{Delay} = T_{Dijkstra} \times O(V^2) \quad (1.1)$$

Sendo $T_{Dijkstra}$ relacionado à arquitetura computacional do processador de cada nó existente na rede pervasiva. No contexto atual deste trabalho e considerando que o ambiente pervasivo será construído sobre qualquer arquitetura atualmente disponível – arquiteturas ARMs, CISC, RISC, processadores com e sem pipelines, com 1 ou várias ULAs, dentre outros - esse tempo não é diretamente verificável, exigindo uma avaliação (benchmark) para cada situação de campo.

Sendo assim, T_{Delay} não pode ser alto o suficiente para comprometer a distribuição principalmente das mensagens de alta prioridade.

Dado que o período dos sinais de alta prioridade é da ordem de 1 segundo, o tempo de atraso, T_{Delay} , não pode ser superior a esse período, pois se um sinal de alta prioridade é perdido por esse processo, o mesmo não pode ocorrer para o segundo sinal.

7.14 PERÍODOS DOS SINAIS

Além da prioridade do sinal, é importante identificar os períodos de transmissão de cada tipo de mensagem

Para realizar esse trabalho, os dados dos equipamentos biomédicos para o teste foram tomados a partir das características de equipamentos de ponta de linha disponíveis no mercado mundial e de trabalhos científicos relacionados ao tema.

Para o pior caso, o ECG gráfico, por exemplo, segundo Bonho et al. (2006), a frequência de amostragem utilizada para digitalizar o sinal de ECG é de 250 Hz por 8 bits de resolução. Isso implica numa taxa de transmissão de 1 byte a cada 0,004 segundos, ou 250 bytes por segundo. Considerando que a mensagem de cada datagrama possui 8 bytes, serão transmitidos, 31,25 datagramas por segundo.

Caso seja feito um trabalho de compressão desses dados, o número de datagramas por segundo tende a diminuir.

Já para os sinais biomédicos não gráficos, é possível aceitar uma taxa de refresh da ordem de 1 a 5 segundos. Para sinais com maior inércia – tempo de alteração longo, pode-se utilizar uma taxa de 5 segundos. No entanto, para pressões – invasivas ou não – e frequência cardíaca, é possível utilizar uma taxa de atualização próxima a 1 segundo.

A título de ilustração, um monitor multiparamétrico de topo de linha atualmente de uma grande multinacional da área da saúde, possui a função de armazenamento de tendências, podendo armazenar registros com, no mínimo, 12 segundos entre eles. Já um detetor fetal possui uma taxa de atualização dos valores de tela por volta de 1 segundo. Para a medida de pressão arterial não invasiva, o tempo entre leituras varia, em alguns equipamentos, de 1 a 120 minutos, sendo que o usual é de 15 minutos entre leituras.

Cabe salientar que uma atualização do sinal muito rápida pode implicar em dificuldades de leitura dos valores apresentados. Por isso e considerando a inércia característica dos sinais biomédicos, esses tempos entre uma apresentação do dado e outra

deve ser considerada de, no mínimo, 1 segundo mas preferencialmente em torno de 5 segundos, quando possível.

Já para a transmissão dos alarmes, o modo de transmissão, além da característica maior prioridade, deve ser de forma a garantir que ao menos um pacote chegue ao seu destino. Neste caso, a transmissão, como computação pervasiva, deve se dar por todos os meios disponíveis ou o máximo possível, em forma de rajada de período de 1 a 2 segundos.

Além do tempo entre dois sinais consecutivos, deve-se considerar o tempo de atraso na transmissão do sinal.

Baseando-se nas informações obtidas dos equipamentos comerciais, verifica-se na documentação técnica de vários monitores, que o atraso do sinal, entre a leitura e a apresentação do mesmo na tela é da ordem de 30 ms ou menos. Para a transmissão do sinal ao longo da rede, um tempo estimado aceitável de atraso pode ser em torno de 1 segundo, dado que esta diferença não implicará em variação no tempo de resposta humano.

A tabela de prioridade de sinais, por exemplo, ficou na seguinte distribuição, com valores arbitrários:

Tabela 20 – Classificação dos sinais por prioridade

Tipo de sinal	Prioridade	Período
Alarme Crítico (risco de morte)	0	1 s
Alarme Intermediário (Sinais vitais fora dos limites, mas sem risco de morte)	1	5 s
Alarme Baixo (desconforto)	2	15 s
Retorno dos receptores	3	10 s
Sinais Vitais Gráficos	4	0,03 s
Sinais Vitais Alfanuméricos	5	1 a 15 s
Variáveis Ambientais	6	300 s
Status de Manutenção do Equipamento	7	3600 s
Log do Equipamento	8	
Transmissão de dados administrativos	9	

Os dois últimos sinais não possui período pois são sinais aperiódicos.

Estes sinais de retorno dos receptores devem ter uma prioridade maior do sinais biomédicos enviados constantemente mas menor dos alarmes já descritos.

7.15 CARACTERÍSTICAS DA REDE DE TRANSMISSÃO

Devido aos tempos de transmissão mínimos dos sinais e visando o perfeito atendimento do que se propõem este trabalho, as redes por onde o sinal trafegará deve ter requisitos mínimos de qualidade de serviço.

Conforme preconiza a computação pervasiva, a transmissão de sinal se dará por uma rede de nós de transmissão, não tendo, necessariamente, um único trajeto e/ou meio para a comunicação. O sinal pode sair por um padrão de transmissão, como ethernet e num dos trajetos passar por canais de dados de celular – EVDO, 1XRTT, etc., por exemplo.

Sendo assim, para realizar a análise de necessidades de transmissão é importante considerar sempre o pior caso, o gargalo, pois é nele que ocorrerão os atrasos e a demora na mensagem. No entanto, as rotinas de correção de erro dos pacotes ficarão a cargo das tecnologias de transmissão envolvidas, pois estas rotinas já estão implementadas e atendem a que se propõem.

Visto que o datagrama tem 48 bytes, a título de cabeçalho – tomando por base uma célula ATM – são acrescentados mais 5, têm-se 53 bytes para cada pacote.

Supondo que a mensagem tenha 48 bytes de dados e, adicionando o cabeçalho, baseando-se numa célula ATM, 5 bytes de tomando por exemplo, uma célula ATM com igual área de dados, incluindo os cabeçalhos, a mensagem

Conforme visto anteriormente, uma configuração aproximada de monitorização de leito de UTI é a seguinte:

- Monitor multiparamétrico ou monitores separados com os seguintes sinais:
 - 1 sinal vital gráfico – ECG;
 - 4 sinais vitais não gráficos – frequência cardíaca (FC), pressão arterial não invasiva (PNI), temperatura(T) e oximetria (SpO₂);

Além desses ainda foram acrescentados os seguintes sinais a compor a simulação:

- 1 alarme crítico – com risco de morte;
- 5 sinais de retorno dos receptores;

Variáveis ambientais, como temperatura e luminosidade para monitorar o ambiente e gerando mais conforto ao paciente. Este sinal poderia ser considerado também como registro das condições dos equipamentos.

Para a questão dos receptores, cabe supor a configuração de 4 cuidadores, 1 equipamento e 1 leitor de variáveis ambientais ou de status de equipamentos.

Com isto, os períodos envolvidos são descritos na tabela 21.

Tabela 21 – Prioridades e períodos dos sinais envolvidos

Sinal	Prioridade	Período	R00	R01	R02	R03	R04	R05
ECG	4	0,03 s	1	1	1	1	0	0
Frequência Cardíaca	5	5 s	1	1	1	1	0	0
PNI	5	15 s	1	1	1	1	0	0
T	5	1 s	1	1	1	1	0	0
SpO₂	5	1 s	1	1	1	1	0	0
Alarme Crítico	1	1 s	1	1	1	1	1	0
Retorno dos Receptores	3	10 s	1	1	1	1	0	0
Variáveis Ambientais	6	300 s	0	0	0	0	0	1

Analisando a tabela anterior, o pior momento será quando todos os sinais estiverem sendo enviados a todos os cuidadores. Isso deve acontecer a cada múltiplo de 300 s. Desprezando-se o último sinal, o pior caso ocorre a cada 30 segundos, quando os sete sinais são enviados. Neste momento são gerados 7 sinais para 5 receptores, dando 35 datagramas de 53 bytes, ou 1855 bytes.

Analisando os períodos, temos, neste segundo crítico, a transmissão de 31,25 datagramas do sinal gráfico mais 7 datagramas de sinais não gráficos, multiplicados por 53 bytes, temos 2027,25 Bps (bytes por segundo) ou 16.218 bps (bits por segundo), que é a menor taxa admissível para transmissão para cada receptor.

Tomando o exemplo citado com 5 cuidadores, essa taxa passa para 81.090 bps.

Supondo que se tenha um valor de 10% de perda de pacote e retransmissão, este valor passa para 90.100 bps, aproximadamente.

Generalizando o cálculo de banda mínima para a transmissão de um leito:

$$TX_1 = C \times (31,25 \times n + m) \times 53 \times 8 / 0,9 \quad (2)$$

Onde:

TX_1 = é a taxa de transmissão mínima para 1 leito de UTI em bits por segundo;

C – é o número de cuidadores que receberão as mensagens;

n – é o número de sinais gráficos;

m – é o número de sinais não gráficos ou com período maior de 1 segundo.

Extrapolando para k leitos:

$$TX_k = C \times k \times (31,25 \times n + m) \times 53 \times 8 / 0,9 \quad (2.1)$$

Cabe lembrar que não há disponibilidade de vários cuidadores para cada paciente, pois o que acaba normalmente acontecendo é um grupo, uma equipe de cuidadores cuidar de um grupo de doentes, fazendo com que o mesmo cuidador atenda a um ou mais pacientes.

$$TX_{k,E} = E \times k \times (31,25 \times n + m) \times 53 \times 8 / 0,9 \quad (3)$$

Onde E é a quantidade de pessoas na equipe que presta atendimento naquela ala.

Simplificando:

$$TX_{k,E} = E \times k \times (31,25 \times n + m) \times 471,11 \quad (4)$$

Exemplificando, para uma UTI com 20 leitos, com os mesmos 8 cuidadores, :

$$TX_{20,8} = 8 \times 20 \times (31,25 \times 1 + 7) \times 471,11 = 2.883.200 \text{ bps} \quad (4.1)$$

O que equivale a 2815,625 kbps ou 2,75 Mbps.

Sendo assim, com o intuito de garantir a transmissão de todos os sinais no pior caso em uma UTI com 20 leitos e 8 cuidadores, é imprescindível que a rede possa disponibilizar, no seu trecho mais lento, pelo menos, 2,75 Mbps.

Neste caso, por exemplo, qualquer rede com taxa inferior a 1 E1 (2Mbps) não possui condições para operar de forma plena com o sistema de computação pervasiva de ambiente hospitalar. As redes hospitalares, em sua maioria na tecnologia atual, possuem taxas de transmissão de 10 a 100 Mbps, o que poderia atender aos requisitos acima, no entanto, há que se fazer uma análise do tráfego existente que podem reduzir o desempenho da rede de maneira significativa.

Por outro lado, prevendo-se o descarte aventado no item de prioridades de sinal, preconizando que sinais de prioridades superiores a 4, inclusive, podem ser descartados em situações de extrema urgência, a equação pode ser simplificada para:

$$TXu_{k,E} = E \times k \times m \times 471,11 \quad (5)$$

Onde m seria o número de sinais de alta prioridade, de 0 a 3. No exemplo dado, m assumiria o valor de 2.

Para um caso de 20 leitos e 8 cuidadores com 2 sinais de alta prioridade, a taxa de transmissão mínima admitida ficaria em:

$$TXu_{20,8} = 8 \times 20 \times 2 \times 471,11 = 150.755 \text{ bps ou } 147 \text{ kbps} \quad (6)$$

No entanto, essa situação deve ser empregada apenas em situações críticas da rede de transmissão, não devendo servir para o dimensionamento da rede em situações normais.

Caso um dos canais não possua essa taxa de transmissão da equação 4, não há como garantir a qualidade de serviço do sistema. Isso implica no não recebimento de pacotes que podem ser críticos e incorrer em risco de morte ao paciente, num caso extremo.

Sob outra ótica, visto que a priorização dos pacotes se dará no módulo PEM, caso a rede não comporte a taxa de transmissão estipulada, pode-se reduzir essa exigência se o módulo PEM retardar ou descartar a transmissão de sinais não prioritários quando da ocorrência de alarmes, conforme citado no item de prioridades. Como é usual a geração de algum alarme mesmo que seja brando, corre-se o risco de contínuo descarte de sinais não prioritários, dificultando a monitorização do paciente pelo cuidador distante. Essa alternativa deve ser muito bem avaliada, inclusive no que tange aos riscos ao paciente.

Outra possibilidade é o envio mensagens de prioridades distintas por diferentes canais. O sinal de mais alta prioridade pode ser enviado por um caminho mais curto a ser definido pelo módulo PEM. Este, se estiver configurado para tanto, deverá selecionar a rota de maior velocidade para o envio de mensagens de alta prioridade. Estes canais de alta velocidade podem ser utilizados por mensagens com prioridades não tão altas em momentos de ociosidades, mas os módulos PEM intermediários devem ser programados para liberar esses canais na presença de sinais de alta prioridade.

Assim, tentando eliminar o risco ao paciente, para redes homogêneas e sem canais prioritários, é mandatório que a rede comporte as taxas especificadas segundo a equação apresentada anteriormente.

O gráfico a seguir apresenta a evolução da taxa de transmissão necessária para o pior caso considerando que sejam alocados 8 cuidadores na configuração padrão, em função do aumento de leitos observados. Neste gráfico é apresentado também algumas tecnologias

atuais e a possibilidade de utilização destas em função do aumento de leitos. A série TXu corresponde à taxa de transmissão mínima a ser assegurada em situações críticas de transmissão.

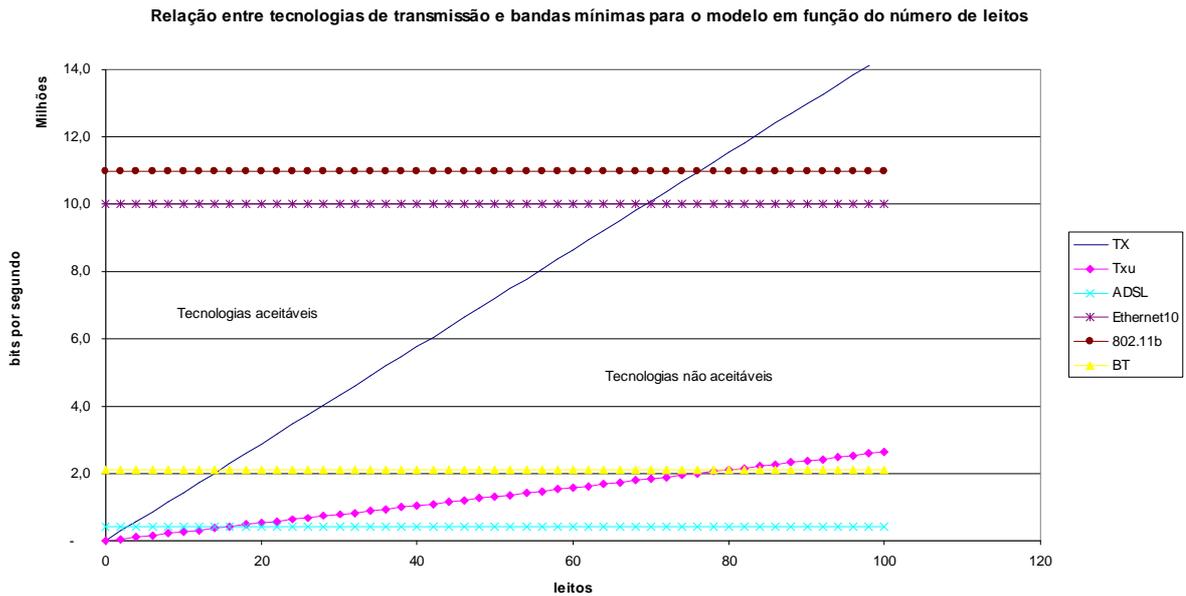


Figura 14 – Taxa de transmissão necessária para o modelo em função do aumento de leitos, relacionada com algumas tecnologias de transmissão

7.16 CÓPIAS DE SEGURANÇA, LOG'S DE REGISTROS

Além disso, deve-se prever que, de acordo com o sinal gerado e o tempo de resposta, os dados devem ser armazenados numa central de registros. Caso a comunicação com a central não se realize, essas informações devem ser armazenadas no módulo até que a comunicação se restabeleça e se faça a descarga manualmente ou que a área reservada a estas informações esteja toda ocupada. Após o envio dos dados, estes poderão permanecer no módulo como backup e setado para isso ou descartados. Deve-se prever no módulo, a possibilidade de optar entre não mais registrar os eventos importantes ou descartá-los – opção padrão. E neste caso, o descarte deve seguir, preferencialmente, a tabela 22, de decisão – embora possa ser possível alterá-la. Quanto mais o valor, maior a possibilidade de descarte.

Tabela 22 – Tabela de decisão para o descarte de registros já processados e não armazenados na central de registros.

Evento	Peso
Já enviado à central de registros	15
Mais velhos	10
Sinais de menor prioridade atendidos	10
Sinais de menor prioridade não atendidos	9
Sinais de maior prioridade atendidos	9
Sinais de maior prioridade não atendidos	8
Alarmes não prioritários	6
Alarmes não prioritários não atendidos	6
Alarmes prioritários	5
Alarmes não prioritários não atendidos	5
Alterações de parâmetros	4

O sistema de checagem de erro fica a cargo das camadas abaixo, PEM e física, não sendo necessário realizar nenhuma checagem nos dados agora processados.

7.17 INTERFACE DO MÓDULO COM O EQUIPAMENTO

As interfaces dos equipamentos de monitorização podem ser proprietárias obrigando a utilização de centrais da mesma marca ou um ou vários protocolos abertos disponíveis, como HL7, DICOM, CORBAMED, etc... Visando atender à maioria dos equipamentos, recomenda-se que essa interface seja trabalhada dentro de um padrão aberto de grande abrangência. Como os protocolos são diversos, caberá, no momento da implantação do equipamento como um todo, adequar as comunicações entre o equipamento e o módulo, provavelmente de maneira específica a determinadas marcas e/ou modelos. Devido a esse grande leque de opções, não há como discorrer, neste trabalho, sobre essa interface de maneira detalhada. Para fins de aplicação do modelo proposto, entende-se que essa interface já foi implementada.

7.18 TABELA DE DESTINO

Pronto o datagrama, é necessário informar ao PEM a quem se destina a mensagem. Para isso deve ser montada uma tabela de destino e tempo de resposta. Esta tabela, apropriando-se do jargão de banco de dados, é uma tabela um para muitos, pois uma mensagem é distribuída a muitos destinatários (em casos especiais pode ser apenas um destinatário).

Tabela 23 – Estrutura da tabela de destino

Campo	Tipo	Tamanho
Identificador da mensagem	Número	Inteiro longo
Destino	Número	Inteiro longo
Tempo de resposta	Número	Inteiro longo

Identificador da mensagem – é o mesmo valor que o campo presente no datagrama.

Destino – identifica o receptor através de um identificador do mesmo. O destino é obtido usando por base a tabela 14 e tabela 15

Tempo de resposta – é o tempo máximo transcorrido entre o envio da mensagem ao PEM e a recepção do recibo enviado pelo receptor. Este tempo deve ser baseado na tabela 17.

8 CONCLUSÕES

Este trabalho teve por premissa principal o bem estar, o auxílio da terapêutica e diagnóstico, o melhor restabelecimento e a segurança do paciente.

Para atender a esse quesito, foi feito um estudo do ambiente hospitalar, focando principalmente num ambiente de CTI, seus procedimentos e seus principais equipamentos. Além disso, foi visto também uma visão de telemedicina com suas várias facetas cada vez mais abrangentes. Visto a criticalidade da transmissão e reconhecimento dos sinais biomédicos envolvidos, fez-se uma revisão de sistemas em tempo real. Finalmente, visando equalizar as informações pertinentes ao cerne do projeto, uma análise da computação pervasiva – a terceira onda da computação, sua visão 24/7/360, suas duas correntes – poder ao dispositivo ou à rede, e suas orientações – ao contexto e ao recurso, se fez necessária.

Finalmente, a proposta do trabalho foi apresentada e formatada de acordo com o programa de simulação e pesquisas com profissionais da área e na própria área.

Com isto, foram levantadas várias premissas a delimitar o processo de implantação do modelo integrado de computação pervasiva para ambiente hospitalar de tratamento intensivo. Como já citado, essas premissas são as condições mínimas exigidas para a implementação do modelo. Qualquer alteração a ser feita não deve ferir os alicerces apresentados.

Sendo assim, pelo exposto neste trabalho, verifica-se que as especificações apresentadas correspondem ao mínimo esperado para a implementação do sistema. Questões como segurança dos dados, garantia de transmissão, no que tange ao recebimento, tempos envolvidos e destinos não devem ser desprezados, assim como a preocupação em assegurar que, no mínimo, um cuidador esteja disponível para prestar ao menos o primeiro atendimento. A comunicação máquina à máquina pode e deve ser utilizada, mas não deve servir como única opção.

As tabelas apresentadas foram baseadas nas premissas discutidas e mostraram ser adequadas ao modelo de computação pervasiva em ambiente hospitalar de tratamento intensivo. No entanto, dependendo do Estabelecimento Assistencial de Saúde (clínica, hospital, etc...), algumas deverão ser adaptadas de acordo com as características inerentes, mas sem alterar suas funções de segurança e qualidade de atendimento;

No que tange à taxa de transmissão, a seguinte fórmula deve ser atendida para o pleno funcionamento do sistema:

$$TX_{k,E} = E \times k \times (31,25 \times n + m) \times 471,11 \quad (7)$$

Onde:

TX_1 = é a taxa de transmissão mínima para 1 leito de UTI em bits por segundo;

E – é a quantidade de pessoas na equipe que presta atendimento naquela ala.;

n – é o número de sinais gráficos;

m – é o número de sinais não gráficos ou com período maior de 1 segundo.

Para casos de deficiência passageira da transmissão, a banda deve atender ao seguinte quesito:

$$TX_{u,k,E} = E \times k \times m \times 471,11 \quad (8)$$

Onde m seria o numero de sinais de alta prioridade, de 0 a 3. No exemplo dado, m assumiria o valor de 2.

O atraso médio de 1,6 ms observado para uma rede não degradada conforme medições apresentadas neste trabalho e o tempo máximo de produção da mensagem de 11 ms, não impactam no tempo de resposta dos pacotes, no entanto, em redes com tráfegos maiores, principalmente de imagens, esse atraso pode vir a comprometer o processo.

Em pacotes IPV4 não há alocação de banda e por isso, não há como garantir uma banda mínima para a transmissão dos dados prioritários. Sendo assim, deve-se prever uma rede redundante ou adoção de outra tecnologia.

Dado o pequeno tamanho do pacote e os períodos propostos na transmissão do sinal, é possível empregar esse modelo em ambiente de tratamento intensivo desde que a banda proporcional ao número de leitos seja assegurada para a transmissão de dados críticos.

Desse modo, o PEM voltado para ambientes pervasivos genéricos (usualmente domiciliar ou comercial) que não possui prioridades nem escalonamentos baseados em sistema hierarquizado de mensagens deverá ter seus requisitos de gerenciamento de tarefas e roteamentos reformulados.

Tomando por base as orientações da computação pervasiva, pode-se dizer que esse modelo possui características orientadas ao contexto, quando:

- **contexto computacional** – refaz a tabela de roteamento de tempos em tempos, de acordo com a banda disponível, e dos recursos próximos. Como apresentado no itens 6.2 e 6.6 deste trabalho o procedimento de roteamento automático e periódico atenderia de maneira satisfatória a esse contexto;

- **contexto de usuário** – as mensagens são enviadas de acordo com o perfil dos usuários e pacientes. Em caso de alteração dos sinais vitais do paciente medidas são tomadas como acionamento de alarmes, conforme especificado nos itens 6.5, 6.6, 6.8, 6.9, 6.10 e 6.13 as mensagens enviadas para os cuidadores e pacientes são tratados conforme a hierarquia apresentada no item 6.10 e atendendo a tempos de resposta conforme estipulado no item 6.12. Nesse sentido um ambiente de computação pervasiva orientada ao contexto de usuário seria satisfatoriamente atendida ;
- **contexto físico** – as características físicas do ambiente são utilizadas para interação com os usuários e com outros equipamentos, permitindo alteração da luminosidade, temperatura, etc.... Nesse sentido o ambiente de computação pervasiva medico hospitalar exigirá uma hierarquização dos equipamentos criticos de infra estrutura bem como sua monitorização de acordo com os critérios apresentados nos itens 6.2, 6.6, 6.7 e 6.10.
- **contexto de tempo** – de acordo com o tempo de resposta da equipe de cuidadores, novas medidas são tomadas, como acionamento de outra equipe. A abordagem considerando sistemas em tempo real forneceu elementos para um correto dimensionamento das constantes de tempo e dos perfis de tempo necessários para a monitoração de pacientes, equipamentos e o ambiente pervasivo em geral. Assim, como visto no item 6.1 e no inicio desse capítulo, os tempos de comunicação e atraso de 1,6 ms e 11 ms, formaram a base para a definição das tecnologias aplicáveis ao ambiente médico hospitalar de acordo com as taxas de transmissão. Além disso, em que concerne o contexto de tempo, o itens 6.12 e 6.13 definiram os tempos de monitoração dos equipamentos bem como dos usuários (tanto pacientes quanto cuidadores) orientando correto procedimento de atendimento, através de envios de mensagens, alarmes etc....

Já para a computação pervasiva orientada à recursos, o sinal deverá se adequar ao aparelho receptor de mensagens. Se este não tem capacidade gráfica, não será mostrado sinais dessa natureza.

Além disso, cabe salientar que o modelo se molda em função de recursos (contextos), mas também de serviços (sinais), denotando um modelo diferente do que foi apresentado até então.

Com isto, o modelo integrado de computação pervasiva para ambiente médico hospitalar de tratamento intensivo resultante deste trabalho pode ser implementado neste

modelo de recursos e serviços desde que as premissas mínimas apresentadas nos tópicos dos resultados obtidos sejam plenamente atendidas, previstas aqui como uma primeira versão real de especificação de ambiente pervasivo para ambiente médico hospitalar de tratamento intensivo. Nesse sentido, o PEM necessitará seguir os critérios arrolados neste trabalho importando que as especificações definidas no trabalho anterior de PEM sejam reformuladas, afim de atender a este novo cenário.

9 TRABALHOS FUTUROS

Como proposta de trabalhos futuros, temos a sugerir:

- O estudo das interfaces de comunicação dos equipamentos, visando estabelecer um protocolo de comunicação entre os não-padronizados e o módulo de tratamento da mensagem e priorização;
- A implementação desses protocolos de comunicação entre os módulos e estes equipamentos;
- A adaptação do módulo PEM visando atender aos requisitos constantes neste trabalho;
- A implementação desse novo módulo PEM e da camada de tratamento da mensagem e priorização;
- Finalmente, a criação física de uma rede pervasiva, com equipamentos e módulos reais, visando sedimentar ou adaptar os resultados e premissas obtidos nesse trabalho. Primeiramente essa rede pervasiva deve ser realizada em ambiente acadêmico, podendo ser estendida ao ambiente hospitalar real.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTIVITY-BASED COMPUTING PROJECT (2005). **Activity-Based Computing: A new paradigm for Ubiquitous Computing**, 29/04/2005. Disponível em: <<http://www.activity-based-computing.org/index.html>>. Acesso em 11 de nov de 2006

AHO, ALFRED V.. **Foundations of computer science**. New York, NY : Computer Science Press, 1996. 786 p. Reg.BK: [000155242]

AMERICAN HEART ASSOCIATION (AHA), **Aspectos mais Relevantes das Diretrizes da American Heart Association sobre Ressuscitação Cardiopulmonar e Atendimento Cardiovascular de Emergência**. Currents in Emergency Cardiovascular Care, volume 16, número 4, dez/05 – fev/06. disponível em <<http://www.americanheart.org/downloadable/heart/1141072864029CurrentsPortugueseWinter2005-2006.pdf>>, acesso em 01/10/2006

AMERICAN TELEMEDICINE ASSOCIATION (ATA), **Telemedicine, Telehealth, and Health Information Technology**, disponível em <www.ata.com> – HIT_Paper.pdf de maio de 2006, página 3. acesso em 12/10/2006

BIREME. **Descritores em Ciências da Saúde**, abril de 2006. disponível em <<http://decs.bvs.br/>> acesado em 01/10/2006),

BONHO, S., KOLM, D., BAGGIO, J.F.R., SCHWARZ, L., MORAES,R.. Monitoração de Sinais de ECG pela Internet em Tempo Real. In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2006, apresentado na sessão oral 22, em 17/10/2006, às 14:00.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde. Projeto REFORSUS. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: capacitação a distância** / Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde, Projeto REFORSUS.– Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002. 709 p.: il. (Série F. Comunicação e Educação em Saúde)

BRASIL. Ministério da Saúde. portaria n.º 1101/GM de 12 de junho de 2002

Buderi, R.; 2001. "Computing Goes Everywhere." *Technology Review* January: http://www.technologyreview.com/magazine/jan01.print_version/buderi.html, acessado em 04/10/06.

BUTTAZZO, G. C.. Hard real-time computing systems :predictable scheduling algorithms and applications. Boston : Kluwer Academic, c2002. 379 p.

CALIL, S. J. & TEIXEIRA, M. S.. **Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares**, volume 11 – São Paulo : Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1998. – (Série Saúde & Cidadania)

COEIRA, E., **Guide to Medical Informatics, The Internet and Telemedicine** . 1997, disponível em < <http://www.coiera.com/glossary.htm> >, acesso em 05 dez. 2002

CONSELHO BRASILEIRO DE TELEMEDICINA E TELESSAÚDE (CTBMS), **O que é Telemedicina?**. 2005, disponível em < <http://www.cbtms.org.br/telemedicina.asp>>, acesso em 10 out. 2006

DATASUS. Disponível em: <<http://cnes.datasus.gov.br/>>. Acesso em: 01 out. 2006.

DRAEGER MEDICAL SYSTEMS, INC. **Infinity Gateway Suite**. 2006 – Disponível em www.draeger-medical.com

EMPLOYEE BENEFIT RESEARCH INSTITUTE (EBRI), **2006 health Confidence Survey: Dissatisfaction With Health Care System Doubles Since 1998**. disponível em <http://www.ebri.org/surveys/hcs/2006/>>, acesso em 15/03/2007

ESCOLA PAULISTA DE MEDICINA (EPM), **Serviços Disponíveis Pela Telemedicina**. disponível em http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-med/temas/med5/med5t12000/tele/servi_os_.html>, acesso em 15/10/2006

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda, 1910-1989. **Miniaurélio: o minidicionário da língua portuguesa**. 6. ed. ver. atualiz. – Curitiba: Posigraf, 2004. 896 p.

FURUIE, S.; REBELO, M.; GUTIERREZ, M.; MORENO, R.; NARDON, F.; MOTTA, G.; FIGUEIREDO, J.; BERTOZZO, N.; FIALES, V. **Prontuário eletrônico em Ambiente Distribuído e heterogêneo: a Experiência do InCor**. In. VI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2002. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2002. disponível em <<http://www.tridedalo.com.br/fabiane/publications/CBIS2002.pdf>>, acessado em 15/11/06.

GEYER, C. F. R.; **GT Grade Pervasiva**. Grupos de Trabalho 2004-2005. Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - RNP. Disponível em <http://www.rnp.br/pd/gts2004-2005/grade_pervasiva.html> acesso em 20/06/06.

CLIC SAÚDE; **História dos Monitores**. Publicações do Portal Clic Saúde, 21/11/2005 09:22:00. Disponível em: <http://www.clicsaude.com.br/pub/materiaview.asp?cod_materia=136>. Acesso em: 2 nov. 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Estimativas para 1º de Julho de 2006.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2006/estimativa.shtm>, acessado em 08/04/07.

IBM Corporation. **Five Innovations That Will Change The Way We Live Over The Next Five Years.** 09 de janeiro de 2007, Acesso em 21 mar 2007 – Disponível em http://www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/us/five_in_five/010807/images/Fiveinnov_010807.pdf

KOFUJI, S. T.; **Computação Pervasiva**, IFSC, EPUSP apresentado em 03/07/05, disponível em < <http://lattice.ifsc.usp.br/CADSC05/takeo2.ppt> >; acesso em 20/06/06

LI, Q. & YAO, C. **Real Time Concepts For Embedded Systems.** CMP Books: San Francisco. 2003.pág 10.

ORTIS, R. S., CARVALHO, H.S., ROCHA, A. F., COELHO Jr., C. J. N.³, NASCIMENTO, F. A. O. **Monitorização de Sinais Biomédicos em Assistentes Pessoais Digitais.** In. IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2004. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2004.

RIES, L. H., **Uma Plataforma para Integrar Dispositivos Eletrônicos em Ambientes Pervasivos.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciências da Computação da PUC-RS, 2007.

SCRIPTPRO – Pharmacy Automation - robotic dispensing and pharmacy workflow by ScriptPro Disponível em < <http://www.scriptpro.com/>>, acessado em 08/04/07.

SOTIERJ, **Sociedade de Terapia Intensiva do Estado do Rio de Janeiro.** Disponível em <<http://www.sotierj.com.br/>>. Acesso em 08/10/06

STANKOVIC, J. A.; SPURI, M.; RAMAMRITHAM, K. BUTTAZZO, G. C.. **Deadline scheduling for real-time systems : EDF and related algorithms.** Boston : Kluwer Academic, 1998, 273 p.

WEISER, M.; **Computer Science Challenges for the Next Ten Years**, PARC – Palo alto Research Center, XEROX apresentado provavelmente em 1996, disponível em < <http://sandbox.parc.com/weiser/10year/index.htm>>; acesso em 20/04/07

WHO – **World Health Organization.** Information Technology In Support of Health Care Disponível em < <http://www.who.int/entity/ehl/en/InformationTech.pdf>>. Acesso em 08/03/07

WHOSIS – Sistema de Informação Estatística da OMS. Disponível em <http://www3.who.int/whosis/menu.cfm> item “Health Personnel”, acessado em 08/03/07.