



UFBA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

CARINA SANTOS SILVEIRA

**UMA PROPOSTA DE TECNOLOGIA EMBARCADA NA
INTERNAÇÃO DOMICILIAR**

Salvador

2007

CARINA SANTOS SILVEIRA

**UMA PROPOSTA DE TECNOLOGIA EMBARCADA NA
INTERNAÇÃO DOMICILIAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Mecatrônica.

Linha de Pesquisa: Integração da Manufatura

Orientador: Prof. Dr. Herman Augusto Lepikson

Salvador

2007

Silveira, Carina Santos

S587 Uma proposta de tecnologia embarcada na internação domiciliar / Carina Santos Silveira - Salvador: C. S. Silveira, 2007.

165 f. il.

Orientador: Professor Doutor Herman Augusto Lepikson.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecatrônica, 2007.

1. Mecatrônica 2. Internação domiciliar – monitoração de paciente. 3. Monitoração de paciente - desenvolvimento de produtos. I. Universidade Federal da Bahia. II. Lepikson, Herman Augusto. III. Título.

CDD: 629.89

Com carinho dedico o fruto da minha pesquisa à Deus e àqueles que, com admirável incentivo me impulsionaram a traçar um novo passo a cada dia. E que nesta longa e difícil trajetória, sempre mantiveram-se ao meu lado apoiando e estimulando. Aos meus pais, meus irmãos, meu noivo, minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Dr. Herman Augusto Lepikson pelo incentivo, simpatia e presteza no auxílio às atividades da pesquisa. À minha eterna orientadora professora Dra. Suzi Mariño Pequini pela orientação à minha vida acadêmica e pelo seu espírito multiplicador de conhecimentos.

Ao Hospital Universitário Professor Edgard Santos, na figura do Sr. Edson Palhares, como interlocutor para acesso à bibliografia e contato com empresas especializadas.

Ao Sr. André Farias da Engemed, pelo incentivo à pesquisa pela troca de informações e materiais utilizados na pesquisa, e também pela disponibilidade de contatos de empresas especializadas. Às empresas MedLar Saúde, em especial aos Srs. Drs. Roberto Albuquerque e Rogério Luis Palmeira, e à SOS Vida, em especial aos Srs. José Espiño Silveira e Elmo Mota Barbosa Dias, pelo auxílio em informações técnicas onde não foram poupados esforços para esclarecer dúvidas ocorridas durante a pesquisa. Também às empresas Dixtal, em especial aos Srs. Gilmar Iwami e Valdomiro Garcia; e Opus Biomédica, em especial à Sra. Neuma Dias, pela dedicação, paciência e disponibilidade de empréstimo de equipamentos e espaço físico para realização de testes.

À amiga Margarete Sá pela paciência, atenção e auxílio na construção do programa. E ao amigo Mateus Barral.

A todos os professores e convidados do curso pela dedicação e entusiasmo na transmissão do conhecimento que, sem dúvida, auxiliaram na construção do projeto. Aos funcionários do PPGM – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecatrônica.

Aos coordenadores do curso de Design da Faculdade da Cidade do Salvador, Ana Paula Amorim e Eudaldo Francisco Filho e ao Professor Dr. Anselmo Bandeira pelo incentivo, compreensão e apoio, fundamentais para a realização desta pesquisa.

Aos colegas de classe, em especial Cristiane Mercês, Walmir, Lázaro e João Bosco, pela amizade, solidariedade, incentivo e troca de informação. E aos eternos amigos Dr. Robert Pedrosa, Taís Moraes Campos Pedrosa, Suzana Almeida, Maurício Portela, Ana Paula Cordeiro, Sibebe Santana e Sérgio Costa.

E àqueles que aqui não foram citados diretamente, mas sempre lembrados, agradeço pela contribuição para a conclusão desta dissertação e incentivo à continuidade na pesquisa.

RESUMO

Fatores como a tendência atual à desospitalização e a falta de precisão no monitoramento, transmissão e gestão de dados vitais de pacientes em tratamento domiciliar, bem como a falta de um sistema de acompanhamento adequado ao nível de entendimento do cuidador dificultam a recuperação destes pacientes. Baseado nestes fatores, esta pesquisa abordará o desenvolvimento de um sistema mecatrônico que propõe integrar tecnologias existentes no mercado para a aquisição e tratamento de sinais clínicos vitais, como frequência cardíaca, pressão arterial, frequência respiratória e temperatura, para monitoramento de pacientes em internação domiciliar. Tais dados são coletados, interpretados e transmitidos remotamente para o médico ou equipe médica, com possibilidade de medição dos sinais vitais por diferentes interfaces conectadas a um sistema de aquisição e condicionamento de dados. O sistema permite a comunicação, em tempo real, entre os usuários envolvidos com o sistema de monitoramento, a visualização dos dados vitais do paciente de modo remoto, acompanhamento do histórico de saúde do paciente, intervenções do sistema e do médico no tratamento do paciente. O projeto engloba, levando em consideração desde o levantamento das necessidades e do acompanhamento do ciclo de vida do produto, as seguintes fases: projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado.

Palavras-chave: Mecatrônica, Internação Domiciliar, Desenvolvimento de Produtos

ABSTRACT

Factors as the current trend to the deshospitalization and the lack of precision in the monitoring, transmission and management of vital data of patients in domiciliary treatment, as well as the lack of an adequate accompaniment system to the level of agreement of the person that take care of the patient make difficult the recovery of these patients. Based in these factors, this research will approach the development of a mechatronic system that considers to integrate existing technologies in the market for the acquisition and treatment of vital clinical signals, as cardiac frequency, arterial pressure, respiratory frequency and temperature, for monitoring of patients in domiciliary internment. Such data are collected, interpreted and transmitted remotely for the doctor or for the medical staff, with possibility of measurement of the vital signals for different interfaces connected to an acquisition and conditioning data system. The system allows the communication, in real time, enters the involved users with the monitoring system, the visualization of the vital data of the patient in remote way, accompaniment of the description of health of the patient, interventions of the system and the doctor in the treatment of the patient. The project unite from the survey of the necessities and the accompaniment of the cycle of life of the product, the following phases: informational, conceptual, preliminary and detailed project.

Key-Words: Mechatronic, Domiciliary Internment, Development of Products

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Função global do sistema	20
Figura 1.2 – Detalhamento esquemático do sistema proposto	25
Figura 2.1 – Modelos de oxímetro	33
Figura 2.2 – Princípio de funcionamento do oxímetro	33
Figura 2.3 – Espectro de absorção da hemoglobina e da oxihemoglobina	34
Figura 2.4 – Esquema de um amplificador	36
Figura 2.5 – Diagrama em blocos do monitor cardíaco	37
Figura 2.6 – Circuito de isolamento elétrica	37
Figura 2.7 – Modelos de equipamentos de medição da frequência cardíaca	38
Figura 2.8 – Modelos de termômetros analógico e digital	39
Figura 2.9 – Esfigmomanômetro	41
Figura 2.10 – Modelos de esfigmomanômetro	42
Figura 2.11 – Modelos de equipamentos multiparamétricos	43
Figura 2.12 - Central de monitoramento	44
Figura 2.13 - Sistema de transferência do ECG usando JAVA script	47
Figura 2.14 - Protótipo do sistema pessoal de monitoramento	47
Figura 2.15 – Oxímetro de pulso - realiza medição da saturação do oxigênio e frequência cardíaca.	49
Figura 2.16 – Oxímetro de pulso - realiza medição da saturação do oxigênio e frequência cardíaca.	49
Figura 2.17 – Monitor multiparamétrico - realiza medição da saturação do oxigênio, frequência cardíaca, temperatura e pressão arterial (sistólica e diastólica)	50
Figura 2. 18 – Sistema de comunicação intranet	51
Figura 2.19 – Sistema de comunicação internet	52
Figura 2.20 – Sistema de comunicação de dados por rádio-frequência em tecnologia GPRS	55
Figura 2.21 – Esquematização do pacote de dados	57
Figura 2.22 – Especificação de pinagem do conector macho DB9 e DB25	61
Figura 2.23 – Especificação de pinagem do conector fêmea DB9 e DB25	62
Figura 3.1 – Espiral de desenvolvimento	65
Figura 3.2 – Função global e parciais do SMD	83
Figura 3.3 – Desdobramento da função global do SMD	84

Figura 3.4 – Sistema de monitoramento domiciliar	84
Figura 3.5 – Notação gráfica das mensagens	92
Figura 4.1 – Interface da Unidade do Paciente/Cuidador (SMD_Paciente)	95
Figura 4.2 – Interface da Unidade do Médico (SMD_Médico)	96
Figura 4.3 – Diagrama de classes do SMD	99
Figura 4.4 – Diagrama de classes do banco de dados relacional	100
Figura 4.5 – Diagrama de classes da coleta de dados	103
Figura 4.6 – Diagrama de classes de identificação do formato da mensagem dos equipamentos biomédicos	103
Figura 4.7 – Diagrama de classes do recebimento de dados	105
Figura 4.8 – Diagrama de classes da comunicação entre Unidades do SMD	105
Figura 4.9 – Tela Monitoramento de Pacientes da Unidade do Médico – SMD_Medico	107
Figura 4.10 - Tela orientação médica com mensagem para o cuidador da Unidade do Médico – SMD_Medico	108
Figura 4.11 – Tela orientação médica com mensagens entre cuidador e médico da Unidade do Médico – SMD_Medico	109
Figura 4.12 – Tela Monitoramento Paciente da Unidade Paciente/Cuidador – SMD_Paciente	110
Figura 4.13 – Tela Monitoramento Paciente com link para abrir Windows Media Player	112
Figura 4.14 – Tela Orientação Médica com link para visualizar paciente	113
Figura 5.1 – Oxímetro Dixtal , modelo DX-2405	114
Figura 5.2 – Conector do oxímetro (RS232/DB9)	114
Figura 5.3 – Oxímetro DX-2405 com cabo serial para conexão no computador do paciente	116
Figura 5.4 – Sensor biomédico do oxímetro DX-2405	116
Figura 5.5 – Unidade Paciente/Cuidador conectado ao oxímetro DX-2405	117
Figura 5.6 – Amostra de dados coletados com o monitoramento	118
Figura 5.7 – IHM Paciente/Cuidador com os dados coletados (dentro dos valores de referência)	119
Figura 5.8 – Cadastramento dos valores de referência no banco de dados	120
Figura 5.9 - IHM Paciente/Cuidador com os dados coletados (com valores zerados)	121
Figura 5.10 - IHM Paciente/Cuidador com os dados coletados (fora dos valores de referência)	122
Figura 5.11 – Relatório de monitoramento de paciente	123

Figura 5.12 - Computadores conectados	124
Figura 5.13 - IHM Médico com os dados coletados de dois pacientes	125
Figura 5.14 - IHM Médico para monitoramento individual do paciente	126
Figura 5.15 - IHM Paciente/Cuidador com o diagnóstico e a prescrição enviados pelo médico	129
Figura 5.16 - IHM Paciente/Cuidador com mensagens enviadas para o médico	130
Figura 5.17 – Ativação da filmagem e visualização de imagens com o auxílio do Windows Media Player	131
Figura 5.18 – ilustração do sistema em ambiente real	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Custo total do ano dos componentes do custo da internação hospitalar de pacientes com DPOC	23
Tabela 1.2 – Custo total do ano dos componentes do custo da internação domiciliar de pacientes com DPOC	23
Tabela 1.3 – Comparativo com 4 patologias (ICC, DPOC, AVC e Diabetes) e a diferença percentual entre a internação domiciliar e hospitalar	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Sinais dos conectores RS-232 DB9	58
Quadro 2.2 - Sinais dos conectores RS-232 DB25	58
Quadro 3.1 - Ciclo de vida e usuários do SMD	69
Quadro 3.2 - Matriz de apoio à conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto	74
Quadro 3.3 - Lista de especificações do SMD	80
Quadro 3.4 - Referências dos dados vitais de um adulto	86
Quadro 3.5 - Banco de dados de medicamentos e cuidados do SMD	87
Quadro 3.6 - Banco de dados de medicamentos e cuidados	88
Quadro 4.1 - Descrição das funções das classes do SMD	98
Quadro 4.2 - Descrição das principais tabelas que compõem o BDR do SMD	101
Quadro 6.1 – Necessidades X soluções implementadas	135

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE QUADROS	XII
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Problema	20
1.2 Hipóteses	21
1.3 Objetivo	22
1.3.1 <i>Geral</i>	22
1.3.2 <i>Específicos</i>	22
1.4 Justificativa	23
1.5 Metodologia	26
1.6 Estrutura da dissertação	27
2 CAPÍTULO 1 - A INTERNAÇÃO DOMICILIAR	28
2.1 Sistemas Utilizados na Internação Domiciliar	31
2.1.1 <i>Medidor Saturação de Oxigênio</i>	31
2.1.2 <i>Medidor de Frequência Cardíaca</i>	35
2.1.3 <i>Medidor de Temperatura</i>	39
2.1.4 <i>Medidor de Pressão Arterial não Invasiva</i>	41
2.1.5 <i>Medidores multiparamétricos</i>	42
2.2 Tecnologia Necessária à ID	44
2.2.1 <i>Tecnologia Embarcada</i>	45
2.2.2 <i>Interfaces homem-máquina dos equipamentos biomédicos</i>	48
2.2.3 <i>Tecnologia de comunicação</i>	50

3 CAPÍTULO 2 - PROJETO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PACIENTES EM INTERNAÇÃO DOMICILIAR	63
3.1 Projeto Informacional	67
3.1.1 <i>Problematização</i>	67
3.1.2 <i>Ciclo de vida do produto e Identificação dos clientes</i>	68
3.1.3 <i>Levantamento das necessidades</i>	70
3.1.4 <i>Levantamento dos requisitos do projeto</i>	73
3.1.5 <i>Levantamento das restrições do projeto</i>	78
3.1.6 <i>Tecnologia</i>	79
3.1.7 <i>Especificações do Projeto</i>	79
3.2 Projeto Conceitual	81
3.2.1 <i>Análise Funcional do Sistema</i>	81
3.2.2 <i>Princípio de Solução</i>	88
4 CAPÍTULO 3 - IMPLEMENTAÇÃO DO SMD	94
4.1 Desenvolvimento do sistema	94
4.1.1 <i>Coleta de dados</i>	101
4.1.2 <i>Interação entre Unidades</i>	104
4.1.3 <i>IHM</i>	106
4.1.4 <i>Visualização do paciente</i>	111
5 CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO/VALIDAÇÃO DO SMD	114
6 CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	134
6.1 Resultados obtidos	134
6.2 Dificuldades encontradas	138
6.3 Desdobramento da pesquisa	139
6.4 Considerações finais	140

REFERÊNCIAS	141
APÊNDICE	146
APÊNDICE A – Questionário aplicado na SOS Vida e Medlar para levantamento de informações	147
APÊNDICE B – Pesquisa de equipamentos biomédicos com saída de dados	150
APÊNDICE C – Configuração de pinagem equipamentos biomédicos (rs232)	154
APÊNDICE D – Pesquisa para levantamento das necessidades de cuidadores	155
ANEXO	158
ANEXO A – Patentes pesquisadas	159