

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

**CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – DEE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA - PPGEEL**

Formação: Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO OBTIDA POR

Ana Teruko Yokomizo Watanabe

**MONITORAMENTO, CONTROLE E PARAMETRIZAÇÃO DE
ELETRODOMÉSTICOS NUMA REDE SEM FIO VIA
INTERFACE VIRTUAL REMOTA**

Apresentada em 29 / 05 / 2008 Perante a Banca Examinadora:

Dr. Antonio Heronaldo de Sousa - Presidente (UDESC)
Dr. André Bittencourt Leal (UDESC)
Dr. Claudio Cesar de Sá (UDESC)
Dr. Elnatan Chagas Ferreira (UNICAMP)

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA – PPGEEL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Mestranda: ANA TERUKO YOKOMIZO WATANABE – Engenheira Eletricista

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO HERONALDO DE SOUSA

CCT/UDESC – JOINVILLE

**MONITORAMENTO, CONTROLE E PARAMETRIZAÇÃO DE
ELETRODOMÉSTICOS NUMA REDE SEM FIO VIA
INTERFACE VIRTUAL REMOTA**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE SANTA CATARINA, CENTRO DE
CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT, ORIENTADA
PELO PROF. DR. ANTONIO HERONALDO DE
SOUSA

Joinville
2008



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA – PPGEEL

**" MONITORAMENTO, CONTROLE E PARAMETRIZAÇÃO DE
ELETRODOMÉSTICOS NUMA REDE SEM FIO VIA INTERFACE VIRTUAL
REMOTA "**

por

Ana Teruko Yokomizo Watanabe

Essa dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA

na área de concentração "**Automação de Sistemas**", e aprovada em sua forma final pelo

CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DO CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Dr. Antonio Heronaldo de Sousa
(presidente)

Dr. André Bittencourt Leal
UDESC

Banca Examinadora:

Joinville, 29 de maio de 2008

Dr. Claudio Cesar de Sá
UDESC

Dr. Elnatan Chagas Ferreira
UNICAMP - SP

FICHA CATALOGRÁFICA

NOME: WATANABE, Ana Teruko Yokomizo	
DATA DEFESA: 29/05/2008	
LOCAL: Joinville, CCT/UDESC	
NÍVEL: Mestrado	Número de ordem: 04 – CCT/UDESC
FORMAÇÃO: Engenharia Elétrica	
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Automação de Sistemas	
TÍTULO: Monitoramento, controle e parametrização de eletrodomésticos numa rede sem fio via interface virtual remota.	
PALAVRAS - CHAVE: Rede de Eletrodomésticos, Comunicação sem fio, <i>PDA, ZigBee, IEEE 802.15.4 MAC.</i>	
NÚMERO DE PÁGINAS: 180	
CENTRO/UNIVERSIDADE: Centro de Ciências Tecnológicas da UDESC	
PROGRAMA: Pós-graduação em Engenharia Elétrica - PGEEL	
CADASTRO CAPES: 4100201601P-0	
ORIENTADOR: Dr. Antonio Heronaldo de Sousa	
PRESIDENTE DA BANCA: Dr. Antonio Heronaldo de Sousa	
MEMBROS DA BANCA: Dr. André Bittencourt Leal, Dr. Claudio Cesar de Sá, Dr. Elnatan Chagas Ferreira	

Dedico aos meus pais que desde infância me incentivaram e se esforçaram sem medir esforços para que eu pudesse ter uma boa educação.
Também dedico com carinho ao meu marido Edson
e aos meus filhos Rodrigo,
Guilherme e Daniel que compartilharam desta conquista.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde, condições e sabedoria concedida para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao meu orientador, professor Heron, pela amizade, motivação, incentivo, dedicação, confiança e orientação para realização de todas as etapas deste trabalho.

Aos professores e colegas de mestrado que tanto contribuíram direta ou indiretamente a realização do mesmo.

Ao programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica, em especial ao professor Mezaroba, funcionária Tânia e secretária Miriam pelo apoio e informação.

Aos bolsistas Bruno Kikumoto e Luiz Lima que se empenharam na elaboração de suas tarefas contribuindo muito neste projeto.

A UDESC pelo apoio financeiro através da PROMOP (Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação).

A Freescale, em especial ao José Palazzi e Ruiz Gloria pelo apoio e doação de *kits* da placa de comunicação *ZigBee*.

Ao meu marido Edson Hiroshi pela paciência, apoio, compreensão, informações relevantes e incentivos nos momentos difíceis desta caminhada.

Aos meus pais Kazuo e Mitsuko pelo apoio, carinho, incentivo e dedicação desde minha infância até o momento.

A minha sogra Mieko que com palavras de incentivo sempre me apoiou neste empreendimento.

Aos meus filhos Rodrigo Akira, Guilherme Yuji e Daniel Hiroyuki pela paciência, apoio e compreensão principalmente nos momentos de minha ausência.

Aos muitos amigos que sempre me ajudaram e incentivaram através de palavras de apoio.

“Filho meu, se aceitares as minhas palavras e esconderes contigo os meus mandamentos, para fazeres atento à sabedoria o teu ouvido e para inclinares o coração ao entendimento, e, se clamares por inteligência, e por entendimento alçares a voz, se buscares a sabedoria como a prata e como a tesouros escondidos a procurares, então, entenderás o temor do SENHOR e acharás o conhecimento de DEUS.

Porque o SENHOR dá a sabedoria, e da sua boca vem a inteligência e o entendimento.”

PROVÉRBIOS 2:1 – 2:6

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	27
1.1 MOTIVAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO	27
1.2 OBJETIVO GERAL	30
1.2.1 <i>Objetivos Específicos</i>	31
1.3 ORGANIZAÇÃO.....	32
CAPÍTULO 2 TECNOLOGIAS DE REDES DE COMUNICAÇÃO.....	34
2.1 MEIOS DE COMUNICAÇÃO	34
2.1.1 <i>Cabeamento Estruturado (Structured Wiring)</i> :	34
2.1.2 <i>Rede elétrica (Powerline)</i> :	35
2.1.3 <i>Linhas Telefônicas (Phones lines)</i> :	36
2.1.4 <i>Rádio Frequência (Radio signals)</i> :	37
2.2 COMPUTADORES MÓVEIS	40
2.3 MODELO ISO/OSI	43
2.4 TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO (<i>WIRELESS</i>)	44
2.4.1 <i>WPANs</i>	44
2.4.2 <i>WLANs</i>	46
2.4.3 <i>WMANs</i>	47
2.5 <i>BLUETOOTH</i>	47
2.6 <i>ZIGBEE</i>	48
CAPÍTULO 3 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO ZIGBEE	49
3.1 ARQUITETURA	49
3.1.1 <i>Camada FÍSICA (PHY)</i>	51
3.1.2 <i>Camada MAC - IEEE 802.15.4 (ENLACE)</i> :.....	53
3.1.3 <i>Camada de REDE - Network (NWK)</i> :	54
3.1.4 <i>Camada de APLICAÇÃO – Application (APL)</i> :	56
3.2 ELEMENTOS DA REDE.....	59
3.2.1 <i>Coordenador da Rede</i>	60

3.2.2	<i>Dispositivo Final</i>	60
3.2.3	<i>Roteadores</i>	60
3.3	TOPOLOGIA DA REDE	60
3.4	ESTRUTURA DE QUADRO (<i>FRAME STRUCTURE</i>)	61
3.5	PROCEDIMENTO DE CRIAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO	65
3.5.1	<i>Procedimento de setup</i>	65
3.5.2	<i>Inicialização de uma nova PAN</i>	65
3.5.3	<i>Associando a uma PAN</i>	66
3.5.4	<i>Adicionando um dispositivo a uma PAN</i>	67
3.5.5	<i>Transferência de dados</i>	67
3.6	SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....	68
3.7	INTERFACEAMENTO AO SOFTWARE DO <i>IEEE 802.15.4</i>	69
3.8	COMPARATIVOS ENTRE <i>BLUETOOTH</i> E <i>ZIGBEE</i>	71
CAPÍTULO 4 REDE DE ELETRODOMÉSTICOS VIA <i>BLUETOOTH</i>		73
4.1	PROJETO DE <i>HARDWARE</i>	74
4.1.1	<i>Equipamentos Utilizados</i>	74
4.1.2	<i>Placa de Acionamento</i>	76
4.2	PROJETO DE <i>SOFTWARE</i>	79
4.2.1	<i>Software do Microcontrolador embarcado (Bluetooth) ponto-a-ponto</i>	81
4.2.2	<i>Software do PDA (Bluetooth) ponto-a-ponto</i>	82
4.3	CONCLUSÃO.....	86
CAPÍTULO 5 REDE DE ELETRODOMÉSTICOS VIA <i>ZIGBEE</i>		87
5.1	TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO	87
5.1.1	<i>Projeto de Hardware (ZigBee) ponto-a-ponto</i>	87
5.1.1.1	Kit de Desenvolvimento e Aplic. com o microcontr. <i>MC-13213</i>	88
5.1.1.2	Placa de Acionamento.....	89
5.1.1.3	Placa de comunicação <i>RS-232/MC-13213</i>	90
5.1.1.4	Desenvolvimento da Placa do microcontrolador <i>MC-13213(ZigBee)</i>	90
5.1.2	<i>Projeto de Software (ZigBee) ponto-a-ponto</i>	93
5.1.2.1	Software do Microcontrolador embarcado (<i>ZigBee</i>) ponto-a-ponto	94
5.1.2.2	Software do <i>PDA (ZigBee)</i> ponto-a-ponto	101

5.2	TOPOLOGIA ESTRELA (<i>STAR</i>).....	103
5.2.1	<i>Projeto de Hardware (ZigBee) estrela</i>	104
5.2.1.1	Kit de Desenvolvimento e Aplicação do <i>MC-13213</i>	104
5.2.1.2	Placa de Acionamento <i>MC-13213(ZigBee) estrela</i>	106
5.2.2	<i>Projeto de Software (ZigBee) estrela</i>	107
5.2.2.1	<i>Software do Microcontrolador embarcado (ZigBee) estrela</i>	108
5.2.2.2	<i>Software do PDA (ZigBee) estrela</i>	112
5.3	CONCLUSÃO.....	118
CAPÍTULO 6 RESULTADOS		119
6.1	TESTE DE VALIDAÇÃO COMUNICAÇÃO <i>BLUETOOTH E ZIGBEE</i> – TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO.....	119
6.2	TESTE DE VALIDAÇÃO COMUNICAÇÃO <i>ZIGBEE</i> – TOPOLOGIA ESTRELA.....	120
6.2.1	<i>Inicialização do coordenador da PAN</i>	120
6.2.2	<i>Associação a Rede</i>	121
6.2.3	<i>Troca de dados entre coordenador e dispositivos</i>	125
6.2.4	<i>Funcionamento das Máquinas Lavadoras Associadas</i>	128
6.3	ANÁLISE DA REDE ESTRELA ATRAVÉS DO SENSOR NETWORK ANALYZER.....	131
6.4	TAMANHO DA IMPLEMENTAÇÃO	132
6.5	MEDIÇÃO DE ALCANCE DA REDE <i>IEEE802.15.4</i>	136
CAPÍTULO 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		139
7.1	FUTUROS TRABALHOS	140
REFERÊNCIAS.....		141
APÊNDICE A MODELO ISO/OSI.....		148
A.1	DESCRIÇÃO DAS CAMADAS.....	148
A.2	CLASSES DE SERVIÇOS.....	151
APÊNDICE B COMUNICAÇÃO <i>BLUETOOTH</i>.....		152
B.1	ARQUITETURA.....	152
B.2	PILHA DO PROTOCOLO <i>BLUETOOTH</i>	153
B.3	SISTEMA DE RÁDIO DO <i>BLUETOOTH</i>	156

B.4	BANDA BÁSICA (<i>BASEBAND</i>) DO <i>BLUETOOTH</i>	158
B.4.1	<i>Pacotes de Dados</i>	162
B.4.2	<i>Estabelecimento de Conexões</i>	162
B.5	APLICAÇÕES DA ESPECIFICAÇÃO <i>BLUETOOTH</i>	164
APÊNDICE C	PINOS DE E/S DE INTERFACE COM O <i>HC-08</i>	165
APÊNDICE D	PAINEL DE ACIONAMENTO (<i>BLUETOOTH</i>)	166
APÊNDICE E	PINOS DE E/S PARA A APLICAÇÃO DA PLACA <i>13213-SRB</i> (CONECTOR <i>J103</i>)	167
APÊNDICE F	ESQUEMA DA PLACA DE ACIONAMENTO DO <i>MC13213</i>	168
APÊNDICE G	<i>LAY OUT</i> DA PLACA DE ACIONAMENTO DO <i>MC13213</i>	169
APÊNDICE H	ESQUEMA ELÉTRICO DA PLACA <i>ZIGBEE</i>	170
APÊNDICE I	<i>LAY OUT</i> DA PLACA <i>ZIGBEE</i>	171
APÊNDICE J	CLASSES DO DOMÍNIO DE <i>GUI</i>	172
ANEXO A	TABELA COMPARATIVA DO PADRÃO <i>IEEE802.15</i>	173
ANEXO B	ESPECIFICAÇÃO DA MÁQUINA LAVADORA TURBO EFICIÊNCIA 8 KG - <i>BRSTEMP</i>	175
ANEXO C	DIAGRAMAS DE CLASSES DOS PACOTES <i>WABAIO</i>, <i>WABASYS</i> E <i>WABAIO</i>	177
ANEXO D	DIAGRAMA DE BLOCOS DO <i>MC13213</i> E <i>HCS-08</i>	179

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - MODELO DE COMUNICAÇÃO EM REDES MÓVEIS INFRA-ESTRUTURADAS.	38
FIGURA 2.2 - MODELO DE COMUNICAÇÃO EM REDES MÓVEIS <i>AD HOC</i>	38
FIGURA 2.3 - DIAGRAMA DE BLOCOS DE UM <i>PDA</i> (ADAMI JUNIOR, 2006).	41
FIGURA 2.4 - MODELO DE REFERÊNCIA <i>OSI</i> (PETERSON, 2004).....	43
FIGURA 3.1 - CAMADAS DO PROTOCOLO <i>ZIGBEE</i>	50
FIGURA 3.2 - CAMADAS DO PROTOCOLO <i>ZIGBEE</i> (<i>ZIGBEE SPECIFICATION</i> , 2006).	50
FIGURA 3.3 - FAIXA DE FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO (MYERS, 2007).....	51
FIGURA 3.4 - MODELO DE REFERÊNCIA DA CAMADA FÍSICA (<i>PHY</i>) (IEEE STD802.15.4, 2003).....	52
FIGURA 3.5 - MODELO DE REFERÊNCIA DA CAMADA <i>MAC</i> (IEEE STD802.15.4, 2003).....	54
FIGURA 3.6 - MODELO DE REFERÊNCIA DA CAMADA <i>NWK</i> (<i>ZIGBEE SPECIFICATION</i> , 2006).....	55
FIGURA 3.7 - MODELO DE REFERÊNCIA DA CAMADA <i>APL</i> (<i>ZIGBEE SPECIFICATION</i> , 2006).....	57
FIGURA 3.8 - RESUMO DAS FUNÇÕES DA CAMADA <i>ZIGBEE</i> (HEILE, 2006).....	59
FIGURA 3.9 - TOPOLOGIA DA REDE (HEILE, 2006).	60
FIGURA 3.10 - TIPOS BÁSICOS DE QUADROS (<i>FRAMES</i>) DEFINIDOS NO <i>IEEE802.15.4</i> (GALEEV, 2004).....	62
FIGURA 3.11 - ESTRUTURA DE QUADROS <i>BEACON</i> NA REDE <i>ZIGBEE</i> (FERRARI, 2007).....	63
FIGURA 3.12 - SINAL DE SAÍDA DE ESPALH. ESPECTRAL DE SEQ. DIRETA (NOSSA REVISÃO BOARETTO,2005).	69
FIGURA 4.1 - TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO <i>BLUETOOTH</i>	73
FIGURA 4.2 - PAINEL DA MÁQUINA LAVADORA MODELO <i>TURBO EFICIÊNCIA 8 KG</i> – MARCA <i>BRASTEMP</i>	75
FIGURA 4.3 - ESQUEMA DE COMUNICAÇÃO UTILIZANDO TECNOLOGIA <i>BLUETOOTH</i>	76
FIGURA 4.4 - PLACA DE ACIONAMENTO.	77
FIGURA 4.5 - CIRCUITO DE ACIONAMENTO DE CHAVES.	77
FIGURA 4.6 - CIRCUITO DE LEITURA DO ESTADO DA TAMPA.	78
FIGURA 4.7 - CIRCUITO DE LEITURA DOS <i>LEDs</i>	79

FIGURA 4.8 - ESTRUTURA DO PROTOCOLO ADOTADO - <i>BLUETOOTH</i>	80
FIGURA 4.9 – VALORES ADOTADOS AOS PROGRAMAS DA MÁQUINA LAVADORA.	80
FIGURA 4.10 - FLUXOGRAMA DO <i>SOFTWARE</i> EMBARCADO NO MICROCONTROLADOR <i>HC-08</i> . ..	81
FIGURA 4.11 - DIAGRAMA DE CLASSES DO DOMÍNIO DE NEGÓCIO DA APLICAÇÃO.	84
FIGURA 4.12 - ABA DA IHM.	85
FIGURA 4.13 - ABA DE PROGRAMAÇÃO DOS SERVIÇOS.	85
FIGURA 5.1 - TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO UTILIZANDO TECNOLOGIA <i>ZIGBEE</i>	87
FIGURA 5.2 - <i>KIT MC13213 (2 x 13213-SRB)</i>	88
FIGURA 5.3 - ESQUEMA DE COMUNICAÇÃO UTILIZANDO TECNOLOGIA <i>ZIGBEE</i>	89
FIGURA 5.4 - CIRCUITO DA PLACA DE COMUNIC. <i>RS-232/MC 13213 (HCS-08)</i> DA PLACA <i>13213-SRB</i>	90
FIGURA 5.5 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA.	91
FIGURA 5.6 - PLACA DO MICROCONTROLADOR <i>MC13213 (ZIGBEE)</i>	91
FIGURA 5.7 - ESTRUTURA DO PROTOCOLO ADOTADO – <i>ZIGBEE</i> PONTO-A-PONTO.	94
FIGURA 5.8 - FLUXOGRAMA DO <i>SOFTWARE</i> EMBARCADO NO MICROCONTROLADOR <i>HCS-08</i> (COORDENADOR).	95
FIGURA 5.9 - FLUXOGRAMA DO <i>SOFTWARE</i> EMBARCADO NO MICROCONTROLADOR <i>HCS-08</i> (DISPOSITIVO).	96
FIGURA 5.10 - DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE <i>ASSOCIATION REQUEST</i>	98
FIGURA 5.11 - DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA: PEDIDO DE DADOS DO COORD. (IEEE STD802.15.4, 2003).	100
FIGURA 5.12 - DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DA MSG DO DISP. P/ O COORD. (IEEE STD802.15.4, 2003).	101
FIGURA 5.13 - ABA PERSONALIZAR.	103
FIGURA 5.14 - TOPOLOGIA ESTRELA UTILIZANDO TECNOLOGIA <i>ZIGBEE</i>	104
FIGURA 5.15 - <i>KIT 13213-EVK</i>	105
FIGURA 5.16 - PLACA DE ACIONAMENTO (<i>ZIGBEE</i>) – ESTRELA.	106
FIGURA 5.17 - CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO.	107
FIGURA 5.18 - ESTRUTURA DO PROTOCOLO ADOTADO.	107
FIGURA 5.19 - REQUISIÇÃO DE ASSOCIAÇÃO DO DISPOSITIVO AO COORDENADOR.	109
FIGURA 5.20 - ENVIO DE DADOS DO COORDENADOR AOS DISPOSITIVOS ASSOCIADOS.	110
FIGURA 5.21 - RESPOSTA AO PEDIDO DE STATUS AO <i>PDA</i>	112

FIGURA 5.22 - CLASSES DO DOMÍNIO DE NEGÓCIO.	113
FIGURA 5.23 - CLASSES DO DOMÍNIO DE ARQUITETURA E SUA RELAÇÃO COM AS CLASSES DO DOMÍNIO DO NEGÓCIO.	114
FIGURA 5.24 - CLASSES DO DOMÍNIO DE ESTRUTURA E SUA RELAÇÃO COM AS CLASSES DO DOMÍNIO DE NEGÓCIO.	114
FIGURA 5.25 - ABA REDE DE ELETRODOMÉSTICOS.	115
FIGURA 5.26 - ABA IHM.	116
FIGURA 5.27 - ABA PROGRAMAÇÃO.	117
FIGURA 5.28 - ABA PERSONALIZAR.	118
FIGURA 6.1 - RESULTADO DA INICIALIZAÇÃO DO COORDENADOR DA <i>PAN</i>	121
FIGURA 6.2 - RESULTADO DA ASSOCIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO À REDE (TERMINAL DO COORDENADOR)	122
FIGURA 6.3 - RESULTADO DA ASSOCIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO À REDE (TERMINAL DO DISPOSITIVO).....	123
FIGURA 6.4 - RESULTADO DA TENTATIVA DE ASSOC. DE UM DISPOSITIVO À REDE (TERMINAL DO DISPOSIT.).....	123
FIGURA 6.5 - RESULTADO DA ASSOCIAÇÃO DE VÁRIOS DISP. À REDE <i>PAN</i> . (TERMINAL DO COORD.).....	124
FIGURA 6.6 - RESULTADO DA ASSOCIAÇÃO DE VÁRIOS DISP. À REDE <i>PAN</i> . (TERMINAL DO DISP.).....	125
FIGURA 6.7 - RESULTADO DO ENVIO DE UMA MSG COM ENDEREÇ. DIRETO (TERMINAL DO DISP.).....	126
FIGURA 6.8 - RESULTADO DO RECEBIMENTO DE DADOS DO DISPOSITIVO. (TERMINAL DO COORDENADOR).....	126
FIGURA 6.9 - RESULTADO DO RECEBIMENTO DE UMA MSG COM ENDEREÇ. INDIRETO PARA ESTE DISP. (TERMINAL DO DISP.)	127
FIGURA 6.10 - RESULTADO DO RECEBIM. DE UMA MSG COM ENDEREÇ. INDIRETO PARA OUTRO DISP. (TERMINAL DO DISP.).....	127
FIGURA 6.11 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA MÁQUINA VIRTUAL NO <i>PC (LABVIEW)</i>	130
FIGURA 6.12 - IMAGEM DOS QUATRO DISP. ASSOCIADOS AO COORD. DA REDE PELO <i>SENSOR NETWORK ANALYZER</i>	131

FIGURA 6.13 - RESULTADO DE UM PERÍODO DA COMUNIC. DO COORD. E QUATRO DISP. (SENSOR NETWORK ANALYZER, 2007).	132
FIGURA 6.14 – LAYOUT DA RESIDÊNCIA ONDE FORAM REALIZADAS AS MEDIÇÕES.	137
FIGURA A.1 - CAMADA <i>ISO/OSI</i>	149
FIGURA A.2 - CLASSES DE SERVIÇOS DAS PRIMITIVAS	151
FIGURA B.1 - RELAÇÃO DAS CAMADAS DO MODELO <i>OSI, IEEE</i> E <i>BLUETOOTH</i> (TUDE, 2007).	153
FIGURA B.2 - CAMADAS DA PILHA <i>BLUETOOTH</i> (TUDE, 2007).....	154
FIGURA B.3 - PACOTES OCUPANDO VÁRIOS <i>SLOT</i> (TUDE, 2007).....	157
FIGURA B.4 - SINAL DE ESPALHAMENTO ESPECTRAL POR SALTO DE FREQUÊNCIA (BOARETTO, 2005).	158
FIGURA B.5 - <i>PICONET</i> FORMADAS ENTRE DISPOSITIVOS <i>BLUETOOTH</i> (TUDE, 2007).	159
FIGURA B.6 - <i>SCATTERNET</i> FORMADAS POR <i>PICONETS</i> (TUDE, 2007).	160
FIGURA B.7 - ESTRUTURA DE UM PACOTE DE DADOS (TUDE, 2007).	162
FIGURA B.8 - DIAGRAMA DE ESTADOS DA ESPECIFICAÇÃO <i>BLUETOOTH</i> (MCDERMOTT- WELLS, 2004).	163
FIGURA D.1 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO CHIP <i>MC13213</i> (MC13213, 2007)	180

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – CARACTERÍSTICAS DAS TECNOLOGIAS <i>BLUETOOTH</i> E <i>ZIGBEE</i>	72
TABELA 5.1 - COMANDOS VÁLIDOS DA MÁQUINA LAVADORA MODELO TURBO EFICIÊNCIA 8KG	99
TABELA 5.2 - EXEMPLO DE ENDEREÇAMENTO NA TABELA DE MAPEAMENTO DE ENDEREÇOS.	109
TABELA 6.1 - RESULTADOS DOS TESTES DE VALIDAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO <i>BLUETOOTH</i> E <i>ZIGBEE</i> – PONTO-A-PONTO.	120
TABELA 6.2 - RESULTADOS DOS TESTES DE VALIDAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO <i>ZIGBEE</i> – TOPOLOGIA ESTRELA.	128
TABELA 6.3 - RESULTADOS DOS TESTES DE FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS LAVADORAS ASSOCIADAS.	129
TABELA 6.4 - TAMANHO DO CÓDIGO DO MICROCONTROLADOR <i>HC-08 (BLUETOOTH)</i> – TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO.	133
TABELA 6.5 - TAMANHO DO CÓDIGO DO <i>PDA (BLUETOOTH)</i> – TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO.	133
TABELA 6.6 - TAMANHO DO CÓDIGO DO MICROCONTROLADOR <i>HCS-08 (ZIGBEE)</i> – TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO.	134
TABELA 6.7 - TAMANHO DO CÓDIGO DO <i>PDA (ZIGBEE)</i> – TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO.	134
TABELA 6.8 - TAMANHO DO CÓDIGO DO MICROCONTROLADOR <i>HCS-08 (ZIGBEE)</i> – TOPOLOGIA ESTRELA.	135
TABELA 6.9 - TAMANHO DO CÓDIGO DO <i>PDA (ZIGBEE)</i> – TOPOLOGIA ESTRELA.....	135
TABELA 6.10 – VALORES DE DISTÂNCIA (METROS) E NÍVEIS DE ENLACE DE 0x00 A 0xFF (HEXADECIMAL).....	138
TABELA B.1 - CARACTERÍSTICAS DO CANAL FÍSICO <i>BLUETOOTH</i> (TUDE, 2007).....	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL: **Asynchronous Connection-Less Link (Enlace Sem Conexão Assíncrono)**

ADSL: **Asymmetric Digital Subscriber Line (Linha de Assinante Digital Assimétrica)**

AF: **Application Framework (Framework de Aplicação)**

AIB : **APS Information Base (Base de Informação APS)**

APDU: **Application Protocol Data Unit (Unidade de Dados do Protocolo de Aplicação)**

APS: **Application Support Sub-Layer (Subcamada de Suporte de Aplicação)**

APSDE: **Application Support Sub-Layer Data Entity (Entidade de Dados de Sub Camada de Suporte a Aplicação)**

APSDE-SAP: **Application Support Sub-Layer Data Entity – Service Access Point (Entidade de Dados de Sub Camada de Suporte a Aplicação – Ponto de Acesso ao Serviço)**

APSDU: **APS Service Data Unit (Unidade de Dados de Serviço APS)**

APSME: **Application Support Sub-Layer Management Entity (Entidade de Gerenciamento de Sub Camada de Suporte a Aplicação)**

APSME-SAP: **Application Support Sub-Layer Management Entity – Service Access Point (Entidade de Gerenciamento de Sub Camada de Suporte a Aplicação – Ponto de acesso ao Serviço)**

- ASB:** Active Slave Broadcast (Difusão Escravo Ativo)
- AURESIDE:** Associação Brasileira de Automação Residencial
- BDM:** Background Debug Module (Módulo de Depuração em Background)
- BPSK:** Binary-Phase-Shift Keying (Modulação por Chaveamento de Fase Binária)
- BT-WPAN:** Bluetooth Wireless Personal Area Network (Rede de Área Pessoal Sem Fio Bluetooth)
- CISC:** Complex Instruction Set Computer (Computador de Conjunto de Instruções Complexas)
- CPU:** Central Processor Unit (Unidade de Processador Central)
- CRC:** Cyclical Redundancy Check (Verificação de Redundância Cíclica)
- CSMA/CA:** Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance (Detecção de Portadora a Acesso Múltiplo com Prevenção de Colisões)
- DSL:** Digital Subscriber Line (Linha de Assinante Digital)
- DSSS:** Direct Sequence Spread Spectrum (Modulação de Espalhamento de Espectro de Seqüência Direta)
- ED:** Energy Detection (Detecção de Energia)
- EIA:** Electric Industries Association (Associação Indústrias Elétricas)
- ESCO:** Extended Synchronous Connection Oriented (Conexão Orientada

Sincrono Extendido)

- FCC:** **Federal Communications Commission (Comissão de Comunicação Federal)**
- FCS:** **Frame Check Sequence (Quadro de checagem sequencial)**
- FFD:** **Full Function Device (Dispositivo de Função Completa)**
- GFSK:** **Gaussian Frequency Shift Keying (Modulação por Chaveamento de Frequência Gaussiano)**
- GNU GPL:** **GNU is Not Unix General Public License (Licença Pública Geral GNU Não é Unix)**
- GPIO:** **General Purpose Input Output (Entradas e Saídas de Propósito Geral)**
- GUI:** **Graphical User Interface (Interface Gráfica com o Usuário)**
- GTS:** **Garanteed Time Slot (Slot de tempo Garantido)**
- HAN:** **Home Area Network (Rede de Área Doméstica)**
- HVAC:** **Heating, Ventilation and Air Conditioner (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado)**
- IEEE:** **Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Engenharia Elétrica e Eletrônica)**
- IHM:** **Interface Homem Máquina**
- IP:** **Internet Protocol**

IR:	InfraRed (Infra Vermelho)
IrDA:	InfraRed Data Organization (Organização de dados Infra Vermelho)
ISM:	Industrial, Scientific and Medical (Industrial, Científica e Médica)
ISO:	International Standard Organization (Organização de Padronização Internacional)
LMC:	Link Manager Protocol (Protocolo de Gerenciamento de Enlace)
LLC:	Logical Link Control (Controle de Enlace Lógico)
L2CAP:	Logical Link Control Adaptation Protocol (Protocolo de Adaptação de Controle de Enlace Lógico)
LQI:	Link Quality Indicator (Indicação de Qualidade de Enlace)
LR-WPAN:	Low Rate - Wireless Personal Area Network (Taxa Baixa – Rede de Área Pessoal)
MAC:	Medium Access Control (Controle de Acesso ao Meio)
MAC PIB:	MAC PAN Information Base (Base de Informação da PAN da Camada Física)
MAN:	Metropolitan Area Network (Rede de Area Metropolitana)
MCPS:	MAC Common Part Sub-Layer (Sub-Camada Parte Comum MAC)
MCU:	Microcontroller - Microcontrolador

- MLME:** **MAC Common Sub-Layer Management Entity (Entidade de Gerenciamento da sub-camada Comum MAC)**
- MPDU:** **MAC Protocol Data Unit (Unidade de Dados do Protocolo MAC)**
- NLDE:** **Network layer Data Entity (Entidade de Dados da Camada Rede)**
- NLDE-SAP:** **Network Layer Data Entity – Service Access Point (Entidade de Dados da Camada de Rede – Ponto de Acesso ao Serviço)**
- NLME:** **Network Layer Management Entity (Entidade de Gerenciamento da Camada de Rede)**
- NLME-SAP:** **Network Layer Management Entity – Service Access Point (Entidade de Gerenciamento da Camada de Rede - Ponto de Acesso a Serviço)**
- NWK PIB:** **NWK PAN Information Base (Base de Informação da PAN da Camada De Rede)**
- O-QPSK:** **Offset-Quadrature Phase Shift Keying (Modulação de Chaveamento de Quatro Fases com Offset)**
- OSI:** **Open Systems Interconnection (Interconexão de Sistemas Abertos)**
- PAN:** **Personal Area Network (Rede de Área Pessoal)**
- PAN ID:** **Identificador da PAN**
- PC:** **Personal Computer (Computador Pessoal)**
- PDA:** **Personal Digital Assistant (Assistente Pessoal Digital)**

- PD-SAP:** PHY Data - Service Access Point (Dados da Camada Física – Ponto de Acesso ao Serviço)
- PDU:** Protocol Data Unit (Unidade de Dados do Protocolo)
- PHY PIB:** PHY PAN Information Base (Base de Informação da PAN da Camada Física)
- PIN:** Personal Identification Number (Número de Identificação Pessoal)
- PLC:** Power Line Communications (Comunicação em Linha de Força)
- PLL:** Phase Locked Loop
- PLT:** Power Line Telecommunications (Telecomunicação em Linha de Força)
- PLME-SAP:** PHY Layer Management Entity – Service Access Point (Entidade de Gerenciamento da Camada Física – Ponto de Acesso ao Serviço)
- QPSK:** Quadrature Phase Shift Keying (Modulação de Chaveamento de Quatro Fases)
- RAD:** Rapid Application Development (Desenvolvimento Rápido de Aplicações)
- RF-SAP:** Radio Frequency – Service Access Point (Radio Frequência - Ponto de Acesso ao Serviço)
- RF:** Radio Frequency (Radio frequência)

RFD:	Reduced Function Device (Dispositivo de Função Reduzida)
RS-232:	Recommended Standard 232 (Padrão recomendado 232)
SAP:	Service Access Point (Ponto de Acesso ao Serviço)
SCO:	Synchronous Connection Oriented (Síncrono Orientado a Conexão)
SIG:	Special Interest Group (Grupo de Interesse Especial)
SPDU:	SSCS Protocol Data Units (Unidade de Dados de Protocolo SSCS)
SSCS:	Service Specific Convergence Sublayer (Subcamada de Convergência de Específico Serviço)
SSP :	Security Service Provider (Provedor de Serviço de Segurança)
TIA:	Telecommunications Industries Association (Associação de Indústria de Telecomunicações)
UART:	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (Receptor/Transmissor Assíncrono Universal)
UML:	Unified Modeling Language (Linguagem de Modelagem Unificada)
USB:	Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)
UWB:	Ultra Wide Band (Banda Ultra Larga)
VoIP:	Full Duplex voice over IP (Comunicação de voz sobre IP)
WI-FI:	Wireless Fidelity (Fidelidade Sem fio)

- WLAN:** **Wireless Local Area Network (Rede de Área Local Sem Fio)**
- WMAN:** **Wireless Metropolitan Area Network (Rede de Área Metropolitana Sem Fio)**
- WSN:** **Wireless Sensors Network (Rede de Sensores Sem Fio)**
- WPAN:** **Wireless Personal Area Network (Rede de Área Pessoal Sem Fio)**
- ZC:** **ZigBee Coordinator (Coordenador ZigBee)**
- ZDO:** **ZigBee Device Object (Objeto de Dispositivo ZigBee)**
- ZED:** **ZigBee End Device (Dispositivo ZigBee)**
- ZR:** **ZigBee Router (Roteador ZigBee)**
- 13213-DSK:** **13213-Development Starter Kit (Kit 13213 de Início de Desenvolvimento)**
- 13213-EVK:** **13213-Evaluations Kits (Kits 13213 de Evoluções)**
- 13213-NCB:** **13213-Network Coordinator Board (13213-Placa Coordenador de Rede)**
- 13213-SRB:** **13213-Sensor Reference Board (13213-Placa de Referência de Sensoreamento)**

RESUMO

A comunicação sem fio em automação residencial tem se tornado uma tecnologia muito promissora devido às facilidades na instalação, flexibilidade, mobilidade e escalabilidade. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar e implementar dois padrões de comunicação sem fio: *Bluetooth* e *ZigBee*, a fim de analisar suas funcionalidades e aplicações em ambiente doméstico. O protocolo *Bluetooth* por se tratar de um protocolo já consagrado no mercado, foi utilizado no controle remoto de uma máquina lavadora, como proposta inicial deste trabalho. Depois, o protocolo *ZigBee - IEEE 802.15.4 MAC* foi implementado, pois este padrão é um protocolo novo aplicado a comunicação com pequenos pacotes de dados, baixa taxa de transmissão, topologia estrela e baixo consumo de energia, que são características importantes para controle de uma rede de eletrodomésticos. O projeto consistiu em desenvolver um protótipo de *hardware* e de *software* para monitorar, controlar e parametrizar máquinas lavadoras de roupas numa rede sem fio através de uma interface virtual remota. Esta interface do usuário com a rede foi feita através de um *PDA (Personal Digital Assistant)* que permitiu alterar os tempos de programação da máquina no modo manual ou automático. Os resultados mostraram a viabilidade de se construir uma rede de eletrodomésticos, implementando a camada de enlace *IEEE 802.15.4MAC* do protocolo de comunicação *ZigBee*. Esta implementação atingiu as principais características descritas acima. A distância máxima alcançada na topologia estrela numa residência típica foi de 14 metros, sem o uso de roteadores. Esta distância poderá ser aumentada através da implementação da camada de rede *ZigBee*. Embora o projeto tenha sido desenvolvido utilizando máquinas lavadoras, pode-se estendê-lo a outros eletrodomésticos tais como: fornos de microondas, aquecedores, condicionadores de ar, refrigeradores, etc.

Palavras-Chave: rede de eletrodomésticos, comunicação sem fio, *PDA*, *ZigBee*, *IEEE 802.15.4 MAC*.

ABSTRACT

The wireless communication in the residential automation has become a very promising technology due to the easiness in the installation, and for its flexibility, mobility and scalability. Inside this context, the objective of this work is to analyze and to implement two wireless communication standard protocols: Bluetooth and ZigBee. They are used to analyze their functionalities and applications under a domestic environment. Firstly, the Bluetooth protocol was used in order to verify its operation because this one is an already well known protocol. Secondly, the ZigBee protocol - IEEE 802.15.4 MAC was also tested due to its new protocol applied to small data communication and its low baud rate, star topology and low energy consumption, which allows the control of household-electric network. The project consisted of monitoring, controlling and configuring washing machines by using a wireless network through a remote virtual interface. The user interface of this system was done through a PDA (Personal Digital Assistant), which allowed to change the times of washing programs manual or automatic mode. The results indicated the feasibility of monitoring and controlling household-electric by implementing the IEEE 802.15.4 MAC Layer of ZigBee protocol. This implementing reached the main characteristics as described above. The maximum distance achieved in a star topology in the typical residence was 14 meters, without using routers. This distance can be increased implementing full ZigBee Protocol. Although the project was developed to washing machine, it also can be implemented to other household-electrics, such as: microwaves, heaters, air conditioners, refrigerators, etc.

Keywords: household-electric network, wireless communication, PDA, ZigBee, IEEE 802.15.4 MAC.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)