

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MARIA LUÍSA AMARANTE GHIZONI

Follow-Us: Uma Plataforma de *Ubiquitous Healthcare*

Maringá

2012

MARIA LUÍSA AMARANTE GHIZONI

Follow-Us: Uma Plataforma de *Ubiquitous Healthcare*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Prof. Dra. Linnyer Beatrys Ruiz

Maringá

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

G427f Ghizoni, Maria Luísa Amarante
Follow-Us: uma plataforma de *Ubiquitous
Healthcare* / Maria Luísa Amarante Ghizoni. --
Maringá, 2012.

114 f. : il. col., figs., tabs.

Orientador: Profa. Dra. Linnyer Beatryz Ruiz.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de
Informática, Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação, 2012.

1. *Ubiquitous Healthcare*. 2. Redes de sensores
sem fio - Rede plana. 3. Redes de sensores sem fio -
Rede hierárquica. 4. Network simulator 2. 5. Nó
sensor sem fio. 6. MannaSim. 7. Redes de sensores
sem fio - Consumo de energia. I. Ruiz, Linnyer
Beatryz, orient. II. Universidade Estadual de
Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de
Informática. Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação. III. Título.

CDD 21.ed. 004.22

MN-0000787

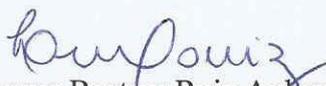
FOLHA DE APROVAÇÃO

MARIA LUÍSA AMARANTE GHIZONI

Follow-Us: Uma plataforma de Ubiquitous Healthcare.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação pela Banca Examinadora composta pelos membros:

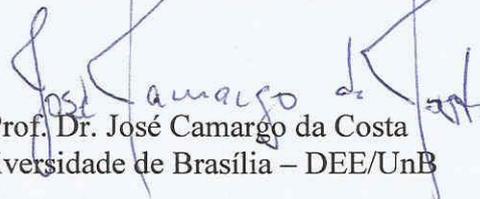
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Linnyer Beattys Ruiz Aylon
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM



Prof. Dr. Franklin César Flores
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM



Prof. Dr. José Camargo da Costa
Universidade de Brasília – DEE/UnB

Aprovada em: 10 de dezembro de 2012.

Local da defesa: Sala 101, Bloco C56, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me proporcionado tantas oportunidades de crescer e desenvolver este trabalho.

Ao Cauê, meu marido, amor e amigo, o meu muito obrigada, pois você foi, sem dúvidas, responsável para que eu chegasse até aqui.

Agradeço também à minha orientadora Linnyer Beatrys Ruiz Aylon por ter me ensinado tanto, por todo o auxílio científico e emocional, e ainda me inspirado a seguir pelos caminhos da carreira acadêmica além do ânimo proporcionado e da confiança depositada em meu trabalho.

Aos professores José Camargo da Costa e Franklin Cesar Flores pelas correções e colaborações fazendo enriquecer o trabalho e torná-lo mais amplo proporcionando maiores oportunidades de continuidade.

Aos órgãos de fomento Capes e Cnpq, ao Inct Namitec e a todas as colaborações dos integrantes do grupo Manna.

Deixo também os meus agradecimentos à minha família, especialmente aos meus pais, Antonio e Luiza. Agradeço por terem sempre acreditado em mim e investido na minha educação.

Follow-Us: Uma Plataforma de *Ubiquitous Healthcare*

RESUMO

Esta dissertação propõe o desenvolvimento de um ambiente de *Ubiquitous Healthcare*, termo em inglês bem conhecido para definir o cuidado com a saúde utilizando conceitos e tecnologia envolvidos com a engenharia de computação invisível. Como caso de estudos e prova de conceitos uma aplicação que promove a monitoração pessoal desenvolvida considerando a instrumentação dos lares com tecnologia de rede de sensores sem fio, a confecção de roupas com tecnologia de computação vestível, bem como a aplicação de conceitos de *Social Sensing* e *Internet of Things*. O ambiente proposto organiza o fluxo de dados coletados em uma proposta de arquitetura de informação. Uma arquitetura física é definida considerando que diferentes dispositivos sem fio com capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação poderão ser embutidos em roupas, artefatos, móveis, eletrodomésticos e partes das edificações permitindo instrumentar e controlar o ambiente facilitando o cuidado com idosos que vivem sozinhos. Esta arquitetura, chamada de Follow-Us, estabelece diferentes tipos de serviços que podem ser executados. Simulações foram realizadas com objetivo de avaliar a solução proposta como caso de estudos e auxiliar na escolha de parâmetros e plataformas a serem utilizadas na montagem do sistema real. Como prova de conceitos, foram desenvolvidos protótipos de computação vestível utilizando hardware livre, como a plataforma Arduino LilyPad, outros protótipos utilizando nós sensores MicaZ e acelerômetros de *smartphones* com Android.

Palavras-chave: *Ubiquitous Healthcare*, Ambientes Inteligentes, Redes de Sensores Sem Fio, Engenharia de Computação Invisível, Casa Inteligente, Assistência em casa, Simulações.

Follow-Us: a Proposal for Ubiquitous Healthcare

Abstract

This dissertation proposes the development of an Ubiquitous Healthcare environment, a well known word denoting health care using the technology concepts involved with invisible computer engineering. As a study of case and concept proof an application of monitoring was developed considering the home instrumentation with wireless sensor networks technology, the clothes manufacturing with wearable computing technology, as well as application of concepts of Social Sensing and Internet of Things. The proposed environment organizes the collected data flow from different types of sensors and networks, establishes a processing routine according to application objectives and provides commands that allow forward the information to be used as control parameters of the environment itself or used by external agents. A several wireless devices with the ability of sensing, processing and communication are embedded in clothing, artifacts, furniture, appliances and buildings allowing instrument and control the environment by facilitating the care with older people living alone. This architecture, called Follow-Us, establishes different types of services that can be performed. Simulations were performed in order to evaluate the proposed solution and to assist in selecting parameters and platforms to be used in the development of a real system. As a concept proof, some prototypes were developed using free hardware, as well as the Arduino LilyPad platform, others prototypes using MicaZ sensor nodes and accelerometers in Android smartphones.

Keywords: *Ubiquitous Healthcare, Ambient Intelligence, Wireless Sensor Networks, Invisible Computer Engineering, Smart House, Home Assistance, Simulations.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de uma RSSF, com Sensores em Reserva Ambiental.....	22
Figura 2 - Nós sensores (a) MicaZ e (b) WaspMote	22
Figura 3 - Foto do Namimote com identificação de seus principais componentes.....	24
Figura 4 - Alguns Modelos de Arduino: LilyPad, Uno, Nano e Serial	32
Figura 5 - Arquitetura do Android	34
Figura 6 - Arquitetura proposta por Feng Zhou et al. 2011, traduzida.....	37
Figura 7 – Ilustração da abstração dos sensores utilizados (traduzida).....	39
Figura 8 - Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas	46
Figura 9 – Serviço de Percepção do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas.....	47
Figura 10 – Serviço de Abstração do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas	49
Figura 11 – Serviço de Interpretação do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas	50
Figura 12 - Serviço de Atuação do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas	51
Figura 13 - Divisão de nós comuns e pontos de acesso no ambiente para a Simulação do Cenário de Rede Plana de 5m x 6m.....	61
Figura 14 - Exemplo do Caminho do Tráfego de Dados da Rede Sem Fio 5m x 6m.....	62
Figura 15 - Nível de Energia nos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana	63
Figura 16 - Nível de energia restante dos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Plana	63
Figura 17 - Número Total de Erros Encontrados durante as Simulações do Cenário de Rede Plana	64
Figura 18 - Divisão dos Erros por componente nas Simulações do Cenário de Rede Plana	64
Figura 19 - Quantidade de Erros dos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana ..	65
Figura 20 - Quantidade de Erros nos Pontos de Acesso na Simulação do Cenário de Rede Plana	66
Figura 21 - Divisão de tipos de Erro em Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana (Exceto para erros não informados)	67
Figura 22 - Divisão dos Eventos das Simulações do Cenário de Rede Plana.....	68
Figura 23 - Operação da Rede em seu Tempo de Vida nas Simulações do Cenário de Rede Plana	68
Figura 24 - Divisão dos Cenários no Ambiente para as Simulações Cenário de Rede Hierárquica de dimensões 5m x 6m	70

Figura 25 - Exemplo do Caminho do Tráfego de Dados da Rede Hierárquica Sem Fio	70
Figura 26 - Quantidade de Erros por Cômodo nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica	72
Figura 27 - Divisão dos Erros por Componente nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica	73
Figura 28 - Divisão dos eventos nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica.....	76
Figura 29 - Funcionamento da rede em seu tempo de vida	77
Figura 30 - (a) Divisão dos erros na simulação de rede plana. (b) Divisão dos erros na simulação de rede hierárquica.	78
Figura 31 – (a) Simulação planta separada por cômodos. (b) Simulação da planta toda junta ...	79
Figura 32 - Planta da casa de uma Rede de Artefatos	82
Figura 33 - Eventos da Simulação.....	84
Figura 34- Erros nos nós comuns	85
Figura 35 - São mostrados na sequência: Arduino LilyPad, Linha Condutiva, Sensor MQ3	93
Figura 36 – (a) Camiseta Bafômetro (b) Camiseta que verifica a presença de CO .	95
Figura 37 - Esquema da montagem do circuito da camiseta de CO.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Smart Houses e os dispositivos que podem ser instalados em cada uma delas (traduzida de Stefanov et al. 2004).....	28
Tabela 2 - Diferentes modelos do Arduino.....	32
Tabela 3 - Tipos de erro encontrados nos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Plana	66
Tabela 4 - Tipos de Erro Encontrados nos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana	67
Tabela 5 - Divisão dos Eventos das Simulações do Cenário de Rede Plana	67
Tabela 6 - Variação da Energia dos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica.....	71
Tabela 7 - Nível de energia restante dos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica.....	71
Tabela 8 - Quantidade de Erros Encontrados por Cômulo nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica.....	72
Tabela 9 - Quantidade de Erros Encontrados nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica .	73
Tabela 10 – Tipos de Erros Encontrados nos nós comuns nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica.....	74
Tabela 11 - Tipos de erros por cômulo encontrado nos nós comuns nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica	74
Tabela 12 – Tipos de Erros Encontrados Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica.....	75
Tabela 13 - Quantidade de Erros por Cômulo e por Tipo nos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica	75
Tabela 14 - Divisão dos Eventos das Simulações do Cenário de Rede Hierárquica	76
Tabela 15 - Comparando o número de erros em nós comuns e pontos de acesso	78
Tabela 16- Simulação planta separada por cômodos	79
Tabela 17- Simulação planta desconsiderando as paredes	80
Tabela 18- Artefatos e seus intervalos de disseminação	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AmI - *Ambient Intelligence* ou Ambientes Inteligentes

AODV - *Ad hoc On Demand Distance Vector*

ARP - *Address Resolution Protocol*

CBK - *mac_callback*

COL - *Collision Error* ou Erros de Colisão

CPS - *Cyber Physica System*

DSDV - *Destination-Sequence-Vector Routing*

DSR - *Dynamic Source Routing*

ECG - Eletrocardiograma

ECI - Engenharia de Computação Invisível

IFQ - *Interface Queue*

IoT - *Internet of Things* ou Internet das Coisas

LEACH - *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy*

LEDs - *Light Emitting Diode* ou Diodo Emissor de Luz

ns-2- *Network Simulator 2*

OTcl - *Object Oriented extension of Tcl*

RSSF - Redes de Sensores Sem Fio

TCL - *Tool Command Language*

Tclcl - *Tcl with classes*

TCP - *Transmission Control Protocol*

TORA - *Temporally Ordered Routing Algorithm*

UDP - *User Datagram Protocol*

UH - *Ubiquitous Healthcare*

WBAN - *Wireless Body Area Network*

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	7
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	10
INTRODUÇÃO	13
1.1. Motivação	14
1.2. Objetivo Geral.....	15
1.3. Objetivos Específicos	15
1.4. Organização do Texto.....	15
ASPECTOS RELEVANTES DE <i>UBIQUITOUS HEALTHCARE</i>	17
2.1. <i>Ubiquitous Healthcare</i> e Engenharia de Computação Invisível.....	18
2.2. <i>Ubiquitous Healthcare</i> usando Rede de Sensores Sem Fio	21
2.3. <i>Internet of Things</i>	25
2.4. Ambientes Inteligentes e Domótica	26
2.5. Computação Vestível	28
2.6. <i>Social Sensing</i>	30
2.7. Arduino.....	31
2.8. Android.....	33
TRABALHOS RELACIONADOS.....	35
3.1. Alguns Projetos de Ambientes Inteligentes	35
3.2. Alguns Projetos de <i>Ubiquitous Healthcare</i>	38
3.3. Monitoração de Movimentos	39
3.4. Redes Ubíquas	40
3.5. Redes do Corpo.....	41
FOLLOW-US, UMA PLATAFORMA DE <i>UBIQUITOUS HEALTHCARE</i>	43

4.1. Arquitetura Física.....	44
4.2. Arquitetura de Serviços	45
4.3. Arquitetura de Informação.....	51
4.4. Aplicando Follow-Us para desenvolvimento de uma casa inteligente para auxílio a idosos	53
4.5. Considerações Finais	56
CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO.....	57
APLICANDO O FOLLOW-US.....	57
5.1. A Ferramenta Network Simulator (ns-2).....	58
5.2. O Módulo MannaSim	59
5.3. Aplicando Follow-Us no Ambiente da Casa	60
5.3.1. Cenário de Simulação de uma Rede Plana	60
5.3.2. Cenário de Simulação de Redes Hierárquicas	69
5.3.3. Comparando Redes Planas e Hierárquicas.....	77
5.4. Aplicando o Follow-Us nos Artefatos.....	81
<i>Cenário de Simulação da Rede de Artefatos</i>	<i>82</i>
<i>Detalhes da Simulação da Rede de Artefatos.....</i>	<i>83</i>
<i>Considerações Finais sobre a Rede de Artefatos</i>	<i>85</i>
PROTÓTIPOS USANDO O FOLLOW-US.....	87
6.1. Detecção de Situações de Risco	87
6.2. Computação Vestível.....	90
6.2.1. Plataforma de Hardware e Software	92
6.2.2. Protótipos Vestíveis.....	93
6.2.3. Testes e Resultados.....	97
6.2.4. Considerações Finais de Computação Vestível	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXO 1	111
Datashet MicaZ.....	111
ANEXO 2	113
<i>Datashet WaspMote</i>	<i>113</i>

Introdução

Ubiquitous Healthcare (UH) é o termo em inglês usado para descrever o cuidado com a saúde a partir do uso de tecnologias que habilitam a monitoração e o acompanhamento de pacientes ou pessoas com alguma necessidade de cuidado especial. No desenvolvimento de soluções de UH diferentes tecnologias podem ser usadas desde que ofereçam conforto e transparência aos usuários. Este é um dos paradigmas de Engenharia de Computação Invisível, uma área de pesquisa que congrega diferentes tecnologias no desenvolvimento de aplicações que sejam imperceptíveis ao usuário e que utilizem interfaces "*hands free*" (onde o usuário não precisa usar teclado, mouse ou telas sensíveis ao toque) para inserir dados no sistema. Além disso, a Engenharia de Computação Invisível (ECI) tem suas bases em computação verde, isto é, a computação que considera a economia de energia em seu desenvolvimento.

Desenvolver um ambiente que permita ao usuário desfrutar de um acompanhamento e monitoração de maneira confortável e usando tecnologia invisível onde os dados são inseridos no ambiente computacional sem que o usuário exerça esta função, isto é, usando os conceitos de interfaces *hands free*, e assim promover o bem estar e a qualidade de vida com certo grau de liberdade, estes são os desafios associados com o desenvolvimento desta dissertação.

Esta dissertação de mestrado considera o desenvolvimento de um ambiente de UH a partir de alguns princípios, tecnologias e conceitos envolvidos com a Engenharia de Computação Invisível. O trabalho proposto recebeu o nome de Follow-Us uma vez que este ambiente fora concebido para ser uma aplicação de *Social Sensing e Internet of*

Things com liberdade para acompanhar pessoas e coisas. Para obter os dados necessários das diferentes fontes, o Follow-Us utiliza tecnologia de Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) e *Internet of Things* (IoT). Quando uma casa é o foco da aplicação, como no estudo de caso proposto como tema, outras áreas passam a compor a solução proposta pelo Follow-Us, tais como os conceitos de *Smart House*, Domótica e Ambientes Inteligentes.

Este trabalho é parte das aplicações que estão sendo desenvolvidas no Grupo Manna de Pesquisa e Desenvolvimento de Engenharia de Computação Invisível da Universidade Estadual de Maringá dentro do elenco de tarefas que estão sob a responsabilidade do Manna no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT NAMITEC), um dos 123 institutos criados pelo Programa de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia do Ministério de Ciência e Tecnologia que tem como tema central de pesquisa as Redes de Sensores Sem Fio e seus componentes.

1.1. Motivação

O foco principal da motivação para *Ubiquitous Healthcare* não está apenas no acompanhamento de pessoas, mas no diagnóstico e tratamento eficaz de um grande número de doenças. Além disso, UH também pode servir como uma ferramenta de auxílio na prevenção de doenças e de complicações das mesmas, ações proativas e melhoria da qualidade de vida (Georgios et. al, 2010). O trabalho desenvolvido por (Agoulmine et. al, 2011) prova que a prevenção eficaz das doenças e detecção precoce de problemas de saúde ajuda a reduzir significativamente o custo dos cuidados de saúde. Além disso, complicações podem ser evitadas pela detecção precoce de distúrbios clínicos (Stefanov et. al, 2004).

A aplicação de UH associada à qualidade de vida e ao bem estar é o desenvolvimento de aplicações que permitam auxiliar no desenvolvimento de atividades física e terapêuticas, bem como a monitoração de atletas em treinamentos.

Este trabalho lida com o desafio de adquirir conhecimentos na área de UH, identificar os problemas envolvidos com o desenvolvimento de aplicações de UH e propor um ambiente que permita integrar tecnologias no desenvolvimento de uma aplicação para auxílio. A expectativa é que o ambiente proposto como dissertação de mestrado possa ser customizado para outras aplicações envolvendo toda a população.

1.2. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor um ambiente de UH a ser desenvolvido como prova de conceitos do uso de engenharia de computação invisível na disponibilização de aplicações que façam uso de tecnologias de Rede de Sensores Sem Fio, *Internet of Things*, *Social Sensing* e *Smart House*.

1.3. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta dissertação envolvem:

(i) Estudar os problemas relacionados aos cuidados de pessoas considerando a área de *Ubiquitous Healthcare*, identificando parâmetros e definindo requisitos (funcionais e não funcionais) necessários ao desenvolvimento de um ambiente que contemple soluções de hardware e software.

(ii) Propor a instrumentação de ambientes, vestimentas e artefatos com nós sensores sem fio e outros dispositivos de monitoração promovendo a coleta de dados relacionados com indivíduos bem como o relacionamento destes dados com os dados coletados do ambiente e dos artefatos.

(iii) Disponibilizar protótipos de prova de conceitos utilizando dispositivos e plataformas de nós comercialmente disponíveis que possam contribuir para o entendimento do tema e que sirvam também de módulos a serem integrados no ambiente proposto.

(iv) Desenvolver um ambiente que permita caracterizar o fluxo de dados obtido da instrumentação de ambientes, indivíduos e artefatos e que permita integrar as diferentes tecnologias aplicadas à instrumentação, ao sensoriamento, ao processamento e à comunicação considerando elementos de hardware e software disponíveis comercialmente.

(v) Preparar diferentes cenários que representem situações do mundo real e executar simulações considerando a solução proposta pelo Follow-Us com foco na avaliação de métricas tais como consumo de energia, atraso e perda de mensagens.

1.4. Organização do Texto

Este trabalho está organizado a seguir. O capítulo 2 apresenta os conceitos relevantes envolvidos com a proposição de uma solução de UH considerando o uso de tecnologias

tais com Computação Ubíqua, *Healthcare*, *Internet of Things*, Redes de Sensores Sem Fio, Ambientes Inteligentes, *Social Sensing* e Computadores Vestíveis. O Capítulo 3 apresenta o estado da arte ao tratar dos trabalhos relacionados. O Capítulo 4 apresenta a arquitetura Follow-Us proposta para o desenvolvimento de soluções de *Ubiquitous Healthcare*. O Capítulo 5 apresenta o desenvolvimento de simulações de ambientes em *Ubiquitous Healthcare* utilizando o Follow-Us. Já no Capítulo 6 tem-se a apresentação do desenvolvimento dos protótipos de detecção de situações de risco e computação vestível também aplicando em seu desenvolvimento a arquitetura do Follow-Us. Por fim o Capítulo 7 apresenta as Considerações Finais e os Trabalhos Futuros Propostos.

Aspectos Relevantes de *Ubiquitous Healthcare*

Embora muito comum, o termo ubíquo tem origem no Latim, "*ubiquu*" é um adjetivo para qualificar o que está ao mesmo tempo em toda a parte como em (Weiser, 1988). Weiser, considerado um dos pesquisadores que primeiro definiu a computação ubíqua, previu que computadores de mesa desapareceriam. Isto reflete a ideia de que a computação tornar-se-á embutida e invisível. Itens do dia-a-dia que, tradicionalmente, não apresentam capacidade computacional, passarão a ter (Weiser, 1988).

Segundo Ruiz (2011), a forma transparente e intensa de interação entre pessoas e elementos computacionais vem recebendo diferentes nomenclaturas e focos de atenção. Na literatura estão relacionados alguns termos afins com a Computação Ubíqua, quais sejam: *Ubiquitous Healthcare (UH)*, *Pervasive Computing*, *Calm Technology*, *Things That Think (T3)*, *Everyware*, *Ambient Intelligence (AmI)*, *Context Based Computing*, *Sentient Computing*, *Autonomous Computing*, *Amorphous Computing*, *Universal Computing*, *Tangible Computing*, *Computação Sensível a Posição*, *Palpable Computing*, *Universal Computing*, *Tangible Computing*, *Computação Impregnante*, *Computação Desagregada*, *Computação Nomádica*, *Computação Espontânea*, *Augmented Reality*, *Life Computing*, *Anima Computing* (senso comum), *Internet of Nano-Things*, *Post PC Computing* (senso comum), *Everyday Computing*. Em particular, alguns termos estão associados à área de UH, quais sejam: *Assisted Living* (RIBA, 2011), *Smart Environment*, *cyber physica system (CPS)*, e *Elderly in Home Assistance*. De uma forma ou de outras estes conceitos têm em comum o fato de instrumentar o mundo

com dispositivos sem fio que possam coletar dados, processar, disseminar e gerar conhecimento. Muitas questões de pesquisa ainda estão em aberto e em particular as questões relacionadas com a privacidade, segurança e impactos sociais ainda são incipientes.

Este capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos e tecnologias elencadas para construir uma solução de UH. Trata-se de uma visão geral uma vez que a área conta com contribuições de diferentes áreas do saber e pode ser estudada sob diferentes perspectivas. O capítulo também faz um paralelo com os trabalhos relacionados ao desenvolvimento do Follow-Us. A seção 2.1 apresenta a definição de *Ubiquitous Healthcare* e Engenharia de Computação Invisível. A seção 2.2 apresenta uma visão geral das Redes de Sensores Sem Fio, a principal tecnologia para instrumentar ambientes promovendo a coleta de dados, o processamento e a disseminação da informação dentro e fora da rede. A seção 2.3 trata de *Internet of Things* uma vez que esta tem sido tema de prospecção para os próximos anos no que diz respeito ao desenvolvimento de ambientes inteligentes, o que inclui *Ubiquitous Healthcare*. Os aspectos gerais de ambientes inteligentes e domótica são colocados na seção 2. 4. Os conceitos relativos à computação vestível são expostos na seção 2.5. A Seção 2.6 apresenta os conceitos de *Social Sensing*. As seções 2.7 e 2.8 apresentam a plataforma Arduino e o Android que foram utilizadas na confecção de protótipos.

2.1. *Ubiquitous Healthcare* e Engenharia de Computação Invisível

Existem diferentes tipos de aplicações desenvolvidas em *Ubiquitous Healthcare*. Pode-se organizá-los por tipo de cuidado, por exemplo. Algumas aplicações são destinadas a idosos, bebês, crianças, adultos no geral, e principalmente aplicações focadas em pessoas com alguns tipos de deficiência, tanto física, quanto mental.

Considerando os aspectos relacionados à qualidade de vida, algumas aplicações de UH são responsáveis por adaptar o ambiente aos seus frequentadores. Um exemplo é a aplicação que executa uma música de acordo com a preferencia, que mantém o conforto térmico em nível de costume do frequentador, que também estabelece o índice de intensidade de luz e que realiza outras tarefas de acordo com o perfil da pessoa ou das pessoas que estão no ambiente.

Existem diferentes perspectivas para se desenvolver sistemas de *Ubiquitous Healthcare*. Esta é uma área de pesquisa que pode congrega diferentes áreas dentro das engenharias e da computação. Como mencionado anteriormente, UH é um exemplo clássico da aplicação de Engenharia de Computação Invisível.

A Engenharia de Computação Invisível faz uso dos conceitos de diferentes áreas do saber, tais como a computação ubíqua, a computação verde, a computação autônoma, a micro e nanoeletrônica, a domótica, a engenharia de novos materiais, a engenharia de software embarcado e a engenharia de interfaces homem-computador, integrando aspectos humanos, econômicos, sociais e ambientais. A essência da Engenharia de Computação Invisível é a criação de ambientes repletos de "coisas inteligentes", espalhados como poeira, conectados por diferentes tecnologias e coletando dados individuais e de grupos, dados de ambientes e de artefatos, coletando experiências reais bem como dados do mundo virtual (Ruiz, 2011).

Alguns trabalhos encontrados na literatura trazem importantes contribuições para o entendimento do tema UH e de seus requisitos. Algumas destas contribuições passaram a serem consideradas no desenvolvimento do Follow-Ups e são colocadas a seguir como parte do que se propõe serem os trabalhos relacionados.

Para um sistema de *Ubiquitous Healthcare* ser um sistema completo ele precisa seguir alguns critérios chamados de S.C.A.L.E. (*Scalability, Connectivity, Adaptability, Liability, Ease-of-use*), (Cha, 2008) ou seja:

- Escalabilidade (*Scalability*): é esperado que o número de elementos que fazem parte de um ambiente de UH aumente com o passar do tempo e com a inclusão de novas funcionalidades ou entidades a serem monitoradas. Desta forma, é esperado que um sistema de UH seja projetado com características que permitam incrementar a quantidade de hardware, software e outros elementos mantendo a qualidade do sistema. É esperada também uma interoperabilidade espontânea com novos elementos.
- Conectividade (*Connectivity*): os dispositivos do sistema devem ser capazes de se conectar de maneira espontânea a outros dispositivos e transmitir informação. É esperada uma cooperação inteligente *ad hoc* de uma infinidade de dispositivos especializados e considerados confiáveis nas redes sem fio;

- Adaptabilidade (*Adaptability*): o sistema deve ter a capacidade de se adaptar ao meio utilizando-se de computação ciente de contexto (Silva, 2010). É esperado que os sistemas de UH sejam sistemas altamente adaptáveis que interajam de forma ideal com relação às restrições de usuário, situação do dispositivo ou de recursos;
- Confiabilidade (*Liability*): o sistema precisa ser confiável em relação à segurança, como compromissos com a privacidade/rastreabilidade, modelos humanos compreensíveis de confiança e vinculação legal dos usuários e fornecedores do serviço;
- Facilidade de Uso (*Ease-of-use*): o sistema deve ser de fácil instalação e utilização. Em UH deve-se ter grande preocupação com a interação humano-computador, que deve ser simples, discreta e não requerer a atenção do usuário.

A ECI propõe oportunidades de pesquisa interessantes uma vez que a sua invisibilidade depende de alguns fatores críticos. Por mais simples que um erro possa ser, ele fará com que a computação apareça, tornando o sistema visível. Nenhum usuário de sistemas computacionais espera por erros, mas no caso da ECI, um erro traz a consciência de que existe um sistema computacional associado ao ambiente. Além disso, a ECI trabalha em ambientes vivos, onde pessoas, animais, plantas e objetos inteligentes são parte de um sistema computacional sensível ao contexto. A ideia de um sistema computacional sensível ao contexto remete à coleta e representação computacional das condições do ambiente e do usuário de maneira a considerar as características de comunicação, de software e também de hardware (Silva, 2010). As ações e reações das entidades participantes alteram o contexto e podem levar a situação de cooperação ou de conflitos.

Justifica-se que o desenvolvimento do ambiente, a realização de simulações e a montagem dos protótipos do Follow-Ups foram conduzidos considerando contribuir para o avanço do estado da arte na área de UH usando a tecnologia de Rede de Sensores Sem Fio como ferramenta de instrumentação do mundo real.

2.2. Ubiquitous Healthcare usando Rede de Sensores Sem Fio

As RSSFs são um dos primeiros exemplos no mundo real de computação ubíqua, i.e., a noção que dispositivos de computação e sensoriamento pequenos, inteligentes, e baratos irão eventualmente permear o ambiente e permitirão o acesso à informação a todo momento. Esta noção tem infiltrado os círculos de tecnologia da informação por mais de uma década. Mas agora, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento dispositivos de redes sem fio estão finalmente dando seus frutos. Hardware e software, tão fundamentais para implementação da computação ubíqua, estão emergindo. As redes de sensores atuais podem explorar tecnologias de fabricação não disponíveis 20 anos atrás e executar funções nem mesmo sonhadas na época. Sensores, processadores, e dispositivos de comunicação estão todos se tornando menores, mais baratos e integrados em escalas micro e nano.

Depositando sensores em uma área remota como reservas ambientais, oceanos, vulcões, rios, florestas, áreas de desastre, etc., sem a intervenção de técnicos ou operadores, a arquitetura de uma RSSF permite que uma rede sem fio *ad hoc* seja formada para coletar dados sobre os fenômenos de interesse, realizar processamento local e disseminar as informações para o gateway, através do qual a rede comunica-se com outras redes, com a internet ou até mesmo diretamente com usuários. O termo rede *ad hoc* é uma referência às redes que não dependem de uma infraestrutura, ou não mantêm uma, isto é, a rede é formada pela conexão de elementos em um dado momento e pode ter outra conexão completamente diferente pouco tempo depois. A Figura 1 ilustra cada componente desta possível rede, onde sensores são lançados na área remota formando uma RSSF que pode utilizar a antena para enviar seus dados para a internet e estes serem acessados de qualquer lugar do globo, com qualquer dispositivo com acesso à internet.

Uma RSSF pode ser usada para monitorar e, eventualmente, controlar um ambiente, pessoas, animais, plantas, coisas e etc. Este tipo de rede pode ser formada por centenas ou milhares de dispositivos autônomos chamados nós sensores. Os principais componentes de um nó sensor são unidade de comunicação sem fio, unidade de energia, unidade de sensoriamento, unidade de computação. O componente lógico de um nó sensor é o software que executa na unidade de computação. Os nós sensores tendem a

serem projetados com pequenas dimensões (em escala micro e nanométrica) e esta limitação de tamanho acaba impondo limitações nos recursos dos nós, tais como capacidade da fonte de energia, processador e transceptor.



Figura 1 – Exemplo de uma RSSF, com Sensores em Reserva Ambiental

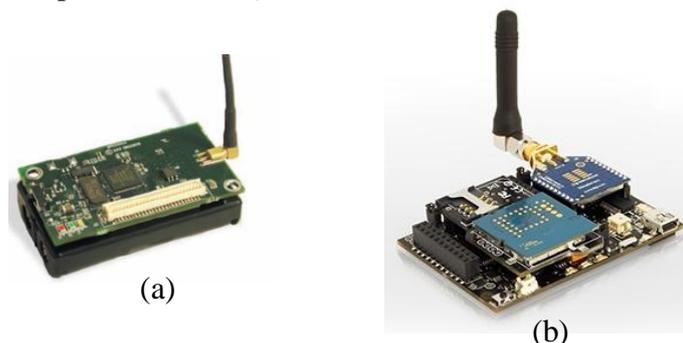


Figura 2 - Nós sensores (a) MicaZ e (b) WaspMote

A Figura 2 (a) apresenta o MicaZ (Mica Mote, 2004) da Universidade da Califórnia, Berkeley e a Figura 2 (b) contém o WaspMote produzido pela Libelium¹ e NamiMote produzido pelo projeto Namitec (Müller et. al, 2012) que são alguns tipos de nós sensores sem fio disponíveis no laboratório Manna da UEM.

MicaZ é um produto comercialmente disponível que tem sido amplamente utilizado tanto por pesquisadores quanto por desenvolvedores. Possui todas as características típicas de um *mote* e, portanto, pode ajudar a entender o que esta tecnologia possibilita. O MicaZ utilizado no laboratório de pesquisa Manna é retangular, dimensionado para caber sobre duas pilhas AA que lhe fornecem energia. O

¹ <http://www.libelium.com>

nó sensor MicaZ utiliza um processador Atmega 128L que opera a 4 MHz, trata-se de um microcontrolador de 8 bits que tem 128 Kb de memória flash *onboard* para armazenar a aplicação do nó sensor [Anexos 1 e 2].

A Figura 3 apresenta o Namimote com a identificação de seus principais componentes, sendo eles:

- O processador presente no Namimote é o MCU ARM7 contido no SoC (*System-on-a-Chip*) MC1322X que contém um transceptor de rádio frequência compatível com o padrão IEEE 802.15.4 e é fabricado pela Freescale.
- A memória do SoC é dividida em uma RAM de 96 kBytes, uma ROM de 80 kBytes e uma serial FLASH (NVRAM) de 128 kBytes. O CC2591 foi adicionado para a comunicação, trata-se de um *front-end* para a banda ISM de 2,4GHz.
- Dependendo das condições ambientais, do posicionamento dos nós sensores, da potência de saída e antenas empregadas, o CC2591 permite enlaces em até 1 km.
- Para realizar a comunicação entre o SoC MC 13224 e uma porta USB é utilizado um CI FT232R que realiza a interface USB com os pinos da UART já disponíveis no MCU, uma vez que o SoC não possui módulo para comunicação direta com a USB.
- O Namimote possui ainda um sensor de temperatura, o MAX6610, um de luminosidade, o TPS851 da Toshiba, um acelerômetro de tecnologia MEMs capacitivo triaxial, o ADXL345.
- O Namimote suporta cartões micro SD. O interfaceamento com usuários é realizado por três LEDs e duas chaves disponíveis no dispositivo. Sua alimentação se dá por baterias de Litio-íon, tipicamente de 3,7V. Possui ainda dois barramentos tipo IDC para permitir expansão, um de 16 pinos e outro de 20.
- O firmware para o Namimote utiliza um protocolo simples de perguntas e respostas e está em sua versão Alfa (dezembro de 2011). Os dados coletados utilizando a intensidade do sinal recebido e do enlace. A tensão da bateria, refere-se ao valor de saída dos sensores de temperatura e luminosidade. Além desses dados, uma variável que indica o estado geral do nó sensor é coletado periodicamente.

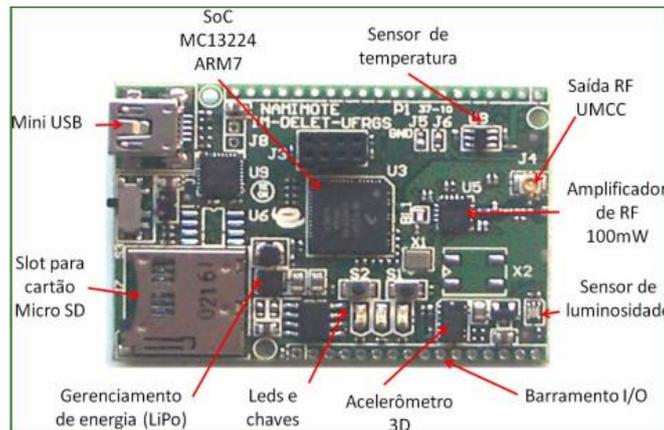


Figura 3 - Foto do Namimote com identificação de seus principais componentes

Nos últimos anos, algumas tecnologias têm sido elaboradas e utilizadas para a comunicação sem fio em redes móveis e redes *ad hoc* em geral. Quando se trata de RSSF, algumas tecnologias merecem destaque, como o Wi-fi (IEEE 802.11), o Bluetooth (IEEE 802.15.1) e o ZigBee (IEEE 802.15.4). Estas definem todos os aspectos físicos e de enlace para a comunicação sem fio, tais como tipo de onda eletromagnética, modulação, controle de acesso ao meio, dentre outros. A tecnologia de comunicação mais comum dentre as citadas e muito utilizada em aplicações similares ao Follow-Us e, portanto tida como forte referência para também ser utilizada na criação de casas automatizadas para auxílio a idosos, é o ZigBee que define um padrão de baixa potência de transmissão alcançando um baixo custo computacional, sua taxa de transmissão de dados é de 250Kbps e o alcance da rede é de aproximadamente 70 metros, operando com ondas eletromagnéticas na faixa de micro-ondas, onde a frequência exata depende da legislação do país onde será utilizado. Dessa forma, possibilita a criação de diversas topologias de rede, tais como estrela e árvore, por exemplo. Cada dispositivo assume um papel que determina sua participação no serviço de comunicação, podendo ser apenas disseminadores de dados, roteadores ou coordenadores da rede (ZigBee Alliance, 2011).

Em função da área (remota ou inóspita) onde os nós são depositados e do número de elementos que compõem a rede (centenas ou milhares), a substituição ou recarga manual das fontes de energia (bateria) desses elementos não é uma atividade viável. No caso das aplicações de UH é de suma importância que os nós se mantenham em serviço e que o esgotamento de energia seja conhecido a priori. Assim, um dos grandes desafios relacionados ao projeto de uma RSSF é o consumo de energia. Todos

os aspectos de projeto e desenvolvimento de elementos de hardware e software de Rede de Sensores Sem Fio devem considerar as características específicas destas redes.

A expectativa é que os nós sensores venham a ter um baixo custo comercial e que as RSSFs se tornem disponíveis em todos os lugares executando as mais diferentes possíveis tarefas.

2.3. Internet of Things

O termo *Internet of Things* (IoT) ou, no português, Internet das Coisas remete a uma nova forma de se perceber a internet, onde cada objeto estaria conectado permitindo a livre comunicação entre os mesmos. Este conceito surgiu em consequência da redução das dimensões dos dispositivos computacionais que se tornaram mais acessíveis ao consumo e mais disponíveis ao público em geral. A cada dia a computação tem sido inserida no cotidiano sem que a maioria das pessoas tenha ciência disto, isto é, a cada dia a computação tem se tornado transparente a ponto de seus usuários nem perceberem que já estão utilizando mais de um processador, software de diferentes propósitos e mais de um tipo de conexão (Ruiz, 2011). Instrumentar objetos com processadores e dispositivos de comunicação sem fio promove o surgimento de uma rede de objetos e coisas que formarão a IoT.

A definição do termo “*things*” na visão de IoT é ampla e inclui uma variedade de elementos físicos. Isso inclui objetos pessoais como *smart phones*, *tablets* e câmeras digitais. Inclui também os elementos do ambiente (seja veicular, residencial ou do trabalho) bem como as coisas equipadas com *Tags* (RFID ou outra) que se ligam por meio de um dispositivo de gateway (por exemplo, um *smart phone*). A definição também inclui roupas, sapatos, eletrodomésticos, móveis, dispositivos de acesso, etc. Com base na visão citada das "coisas" um número enorme de dispositivos será conectado à Internet, cada um fornecendo dados e informações e alguns serviços.

O trabalho (Chen et. al., 2012) afirma que a tendência é que as máquinas comecem a se comunicar entre elas, sem a interação de um humano e então deixem de ser apenas provedoras de informação, interações e entretenimento tornando-se algo em escala muito maior do que a internet existente hoje.

De acordo com a definição da União Internacional de Telecomunicação, a IoT é uma rede que pode conectar equipamentos sensores como RFID, sensor de Infravermelho, GPS, scanner a laser e assim por diante para implementar a troca e

partilha das informações e, eventualmente, podem obter uma rede de gerenciamento simultânea e inteligente (Chunli, 2012).

O núcleo da IoT é a coleta de dados e informações e o seu processamento. Ela pode fornecer um bom canal para transmissão de dados de tráfego, fornecer uma grande plataforma para o lançamento de informações de trânsito. A própria IoT é um grande canal de transmissão da informação.

Uma direção futura para integração da tecnologia de Internet e tecnologia em IoT é a tecnologia em *Body Sensor Network* (Zhao et. al, 2011).

Internet of Things é um novo paradigma que rapidamente ganhou espaço no cenário nas telecomunicações sem fio modernas (Ruiz, 2004). A ideia básica deste conceito é a presença pervasiva em torno de nós de uma variedade de coisas ou objetos – como tags RFID, sensores, atuadores, celulares, etc. – que podem cooperar com seus vizinhos em busca de objetivos comuns.

O núcleo da tecnologia inclui principalmente três partes: *Ubiquitous Network*, próxima geração de redes e *Ubiquitous Computing*. Ou seja, IoT é a fusão do mundo real com o mundo virtual, o que é parecido ao que chamam de *Cyber Physical System* (CPS).

2.4. Ambientes Inteligentes e Domótica

Ao se fazer uma proposta de *Ubiquitous Healthcare* é necessário adquirir conhecimento sobre como instrumentar ambientes. Neste caso, o conceito de Ambientes Inteligentes e Domótica são os temas de relevante importância para a proposição de soluções.

Alguns requisitos são esperados de um ambiente inteligente, quais sejam: a tecnologia e a solução devem ser invisíveis; deve funcionar autonomamente, sendo operada intuitiva e inequivocamente; deve possuir uma funcionalidade distinta e limitada; não deve ser controlado ou influenciado por, nem substituir as relações humanas; deve agir subordinada e despretensiosamente; deve coletar informações privadas moderadamente e gerenciá-las de forma discreta; deve comunicar de forma clara sobre as capacidades e sustentabilidade (Meulendijket, 2011).

Segundo (Stefanov et. al, 2004) sobre suas funções, os dispositivos instalados podem ser classificados nos cinco seguintes grupos e esta divisão pode ser analisada com mais detalhes na Tabela 1:

1) os dispositivos de automação e controle do ambiente doméstico, desde torneiras, lâmpadas até eletrodomésticos em geral;

2) dispositivos de assistência, para auxiliar os moradores com mobilidade e reabilitação;

3) os dispositivos de monitoração da saúde e de importantes parâmetros vitais, para que uma atitude seja tomada rapidamente em casos de emergência;

4) os dispositivos de troca de informações, viabilizando a existência de todo o sistema;

5) os dispositivos de lazer, para auxiliar no caso de pessoas que ficam muito tempo paradas e/ou sozinhas.

A casa inteligente pode ser construída de tal forma que um grupo de dispositivos possa fornecer informações constantemente sobre o estado de saúde dos habitantes. Todos os dispositivos sensores estão conectados a uma rede doméstica especial em que cada dispositivo interage com os outros de forma *plug-and-play*. Na casa, os dispositivos e sensores podem ser controlados remotamente a partir do centro médico, por exemplo.

Não é fácil fazer uma distinção clara entre os grupos de pessoas que necessitam de auxílio. Muitas vezes, pessoas com deficiência física, além de suas limitações de movimento, podem também sofrer de outras limitações ou doenças. Frequentemente, muitos idosos podem ter alguns problemas crônicos de saúde, baixa visão, problemas de audição, ou demência. Algumas pessoas com deficiência motora, mas em uma condição de saúde estável, podem precisar de dispositivos para realização de exercícios físicos. Por outro lado, algumas casas inteligentes podem necessitar de aparelhos inteligentes que facilitem a capacidade do habitante de realizar algum trabalho e a aprender atividades de lazer (Stefanov et. al, 2004). Diante dessas diferenças de classificação do público alvo deve-se dizer que o foco deste trabalho está na população em geral sem deficiências.

Segundo (Stefanov et. al, 2004), existem casas inteligentes adaptadas para diferentes tipos de necessidades e para que seja possível o funcionamento destas casas, alguns dispositivos são necessários. As classes de dispositivos consideradas mais importantes são: de automação e controle do ambiente doméstico; de assistência; de

monitoramento da saúde e de importantes parâmetros vitais; de troca de informações; de lazer.

Tabela 1 - Tipos de Smart Houses e os dispositivos que podem ser instalados em cada uma delas (traduzida de Stefanov et al. 2004)

Dispositivos instalados		Tipo de casa inteligente					
Categoria	Tipo de dispositivo instalado	Usuários sem deficiência	Usuários com deficiência	Idosos	Pessoas com pouca visão	Pessoas com deficiência auditiva	Pessoas com deficiência cognitiva
Dispositivos de automação e controle de casa	Equipamentos De Cozinha Automática	*	*	*	*	*	*
	Controladores de luz e porta	*	*	*	*	*	*
	Controladores de temperatura interna	*	*	*	*	*	*
	Controladores de temperatura da água	*	*	*	*	*	*
	Dispositivos de segurança	*	*	*	*	*	*
Dispositivos de assistência	Dispositivos eletromecânicos de assistência ao movimento		*	*			
	Sistema robótico para assistência ao movimento		*	*			
	Interface homem-máquina especializada		*	*	*	*	
	Dispositivos de navegação internos			*			*
	Dispositivos para reabilitação física e fitness	*	*	*	*	*	*
Dispositivos para monitoramento de saúde	Dispositivos para monitoramento da frequência de pulso			*			
	Monitoramento da pressão arterial			*			
	Monitoramento da temperatura do corpo			*			
	Monitoramento da postura			*			
Sistema de troca de informações	Sistema de acesso à informação e telecomunicações	*	*	*	*	*	*
	Sistema de tele monitorização, tele inspeção e controle remoto		*	*	*		
	Rede doméstica	*	*	*	*	*	*
Dispositivos de lazer	Sistema de realidade virtual	*	*	*	*	*	*
	Robôs de entretenimento emocionais interativos		*	*			
Um asterisco (*) em uma célula indica os dispositivos que estão fortemente relacionados com o tipo de casa inteligente							

Dessa forma, a domótica está frequentemente entre os primeiros auxílios tecnológicos a serem adotados. Ao propor princípios de design, devem ser considerados os deficientes e principalmente os idosos a serem auxiliados pela domótica. Assim, algumas características importantes da domótica devem ser verificadas: Usuários devem interagir com os dispositivos; sistemas podem endereçar usuários quando necessário; sensores coletam dados continuamente; casas devem ser redecoradas para acomodar todos os equipamentos (Meulendijeket, 2011).

2.5. Computação Vestível

Quando se quer dar liberdade ao usuário ou quando se necessita acompanhar sua rotina, a área de computação vestível tem se tornado cada vez mais importante principalmente

quando é preciso prover suporte computacional enquanto as mãos, voz, olhos, braços e atenção do usuário estão envolvidos com o ambiente físico. Na área da saúde esse tipo de tecnologia pode ser utilizada no monitoramento dos batimentos cardíacos, pressão arterial, temperatura corporal, entre outros. Isso pode ser utilizado tanto para pacientes que precisam ser monitorados durante suas rotinas cotidianas como também para esportistas que precisam melhorar suas condições físicas ou ainda deficientes que farão uso da tecnologia para acessibilidade.

A computação vestível relacionada ao ambiente se dá por meio da utilização de sensores que captam informações do local em que o usuário está inserido. Como por exemplo, captar informações sobre a umidade relativa do ar, poluição, temperatura, intensidade de sons e luminosidade, bem como diversos outros fatores que podem, inclusive, serem utilizados na área da saúde para saber em quais condições encontram-se os ambientes que o usuário está inserido para que um médico possa, por exemplo, entender o que está afetando a qualidade de vida e a saúde do paciente.

Os estudos da computação vestível voltaram-se para área da saúde devido ao envelhecimento da população mundial (Pantelopoulos, 2010). Nesta área, a computação vestível pode estar voltada a muitos tipos de subáreas, como monitoramento de pessoas que vivem sozinhas, monitoração de pacientes, dispositivos de alarme para emergências, auxílio a pessoas com deficiências, entre outros.

A computação vestível surge como um conceito de computação ubíqua que esteja acoplada à roupa, e de maneira invisível de tal forma que não seja necessária nenhuma atenção do usuário ao dispositivo. Para isso, faz-se uso de alguns artefatos, como sensores.

Para que todos esses dados coletados tornem-se úteis, é necessário passar pelo processo de interpretação, que faz com que os dados passem a ser informações. Este serviço pode demandar a implementação de algoritmos de computação natural, inteligência artificial, teoria de jogos para interpretar e gerar ações, entre outros.

Além de perceber o ambiente, raciocinar com base nos dados coletados e atuar para modificar o ambiente, sistemas cientes de contexto precisam se comunicar com o ambiente externo de modo que possam trocar informações com outros sistemas. Uma maneira transparente de comunicar computadores vestíveis é utilizando tecnologia *wireless* como *ZigBee* ou *Bluetooth*, porém deve-se lembrar de que dispositivos de

radiofrequência utilizam muita energia para transmitir dados, então a utilização dos mesmos deve ser estudada de forma que o computador vestível tenha energia suficiente para utilizá-los. O serviço de comunicação é de grande utilidade, por exemplo, na vida assistida, um idoso que esteja sozinho e tenha sofrido uma queda pode obter o socorro rapidamente uma vez que esse serviço promove a comunicação com o serviço de emergência e evitando que o usuário fique sem atendimento durante horas.

Nos sistemas de computação vestível, tão importante quanto os sensores, são os atuadores, para se obter um retorno dos dados coletados e ser mais interativo. Um exemplo de atuadores são os alarmes que indicam determinada situação, como a presença de álcool no sangue ou de CO no ar.

O grande desafio para se criar computadores vestíveis é que as questões do projeto abrangem muitas áreas. Dentre elas: ambiente físico; comportamento de sensores; o corpo humano e seus movimentos; planejamento de roupas; capacidade de produzir a peça; consumo de energia e execução do software. São propostos três grupos interdependentes que são as variáveis de design, a avaliação do domínio e, por fim, as métricas, que incluem cálculos de custos e precisão. O Objetivo é manipular as variáveis de acordo com o objetivo proposto para otimizar métricas, procurando reduzir custos e aumentar a precisão dos dados captados e informações geradas (Martin, 2005).

No trabalho de (Anliker, 2004) é mostrado que a vestibilidade precisa ser incorporada ao design de sistemas de computadores. Em computação vestível, três fatores acabam por entrar em conflito, pois quanto mais se investe em um desses fatores, mais algum outro pode sair prejudicado: a funcionalidade das aplicações; a vida útil da bateria; e, por fim, a vestibilidade que compreende critérios de ergonomia, incluindo tamanho, peso, formatos e locais do corpo aos quais a roupa se adapta.

2.6. Social Sensing

Social Sensing é o uso das mídias sociais como base para a coleta de parâmetros intangíveis. Para se obter estes dados que não podem ser monitorados por meios automáticos, o sistema pode se basear na comunidade dos usuários e utilizar o conceito de *Social Sensing* para coletar as informações (Wang, 2012).

O trabalho de Uddin (2012) desenvolve algoritmos para melhorar a seleção de fonte em aplicações que exploram as redes sociais (como Twitter, Facebook, Flickr, ou outras redes de divulgação em massa) para realizar o sensoriamento social. Um

problema-chave, quando se trata de fontes humanas em mídias sociais, é a dificuldade em garantir a autenticidade das medições, tornando-se mais difícil distinguir se é fato ou rumor. Isto se deve porque as observações postadas por uma fonte humana estão disponíveis para seus amigos na rede social, que podem, por sua vez, propagar essas observações sem verificar sua exatidão.

Uddin interpreta *Social Sensing* amplamente para significar o conjunto de aplicativos onde os seres humanos agem como sensores ou operadores de sensores ao simplesmente alimentar as redes sociais com seus compartilhamentos. Um exemplo de aplicação pode ser um trabalho de avaliação de danos logo após uma catástrofe natural, onde um grupo de voluntários (ou sobreviventes) examina a área danificada e relata problemas visíveis que necessitem de atenção. Outro exemplo de aplicação pode ser uma campanha participativa de detecção de locais com pichações ofensivas nas paredes do campus, ou ainda para identificar estacionamentos que se tornam gratuitos após as 17:00.

Social Sensing se beneficia do fato de que os seres humanos são o tipo mais versátil de sensor. Esse gênero de detecção é popularizado pela conectividade de rede ubíqua oferecida por telefones celulares e pelo crescimento dos meios de disseminação de informações, graças ao Twitter, Flickr, Facebook e outras redes sociais.

Os dados de aplicações de *Social Sensing* que exploram as redes sociais podem ser poluídos por usuários que reportam eventos de que não verificaram pessoalmente, facilitando a propagação de boatos.

2.7. Arduino

Arduino é uma plataforma de software e hardware livre que pode ser utilizada em instalações artísticas, na confecção de sistemas de computadores vestíveis ou em outros projetos que exijam dispositivos interativos. O Arduino é baseado em entradas e saídas. As entradas podem ser implementadas como botões para funcionar com apenas dois modos, liga e desliga, ou como sensores capazes de coletar diferentes tipos de parâmetros. As saídas podem ser implementadas utilizando-se dispositivos atuadores, tais como diodos emissores de luz, dispositivos emissores de sons, acionadores de motores, etc.

O Follow-Us usa a plataforma Arduino na montagem de um protótipo de computação vestível. Em particular, o Follow-Us usa a Arduino LilyPad (ver Figura 4) porque esta é uma plataforma lavável e apresenta design apropriado para ser costurada

a roupas. Além disso, o controlador usa carga elétrica baixa, que é adequada ao acoplamento no corpo humano sem riscos de choques elétricos. Esta plataforma tem 5 cm de diâmetro. A placa em si tem de 0,8mm de espessura a aproximadamente 3mm, considerando os componentes eletrônicos. A LilyPad foi desenvolvida pela Leah Buechley e SparkFun Electronics e pode ser programada pelo software Arduino (Arduino).



Figura 4 - Alguns Modelos de Arduino: LilyPad, Uno, Nano e Serial

A programação da plataforma é estabelecida em quatro passos: (i) escrita do código fonte em linguagem C, (ii) compilação do código fonte, (iii) inserção do programa (upload) na plataforma, e (iv) execução na LilyPad.

Tabela 2 - Diferentes modelos do Arduino

Modelo	Descrição e tipo de conexão ao hospedeiro	Controlador
Serial Arduino	Serial DB9 para programação	ATmega8
Arduino Extreme	USB para programação	ATmega8
Arduino NG Plus	USB para programação	ATmega168
Arduino Mini	Versão miniatura do Arduino	ATmega168
Arduino Nano	Versão menor que a Mini	ATmega168/ ATmega328
LilyPad Arduino	Projeto minimalista para aplicações vestíveis	ATmega168
Arduino NG	USB para programação	ATmega168
Arduino BT	Bluetooth para comunicação	ATmega168
Arduino Diecimila	USB para programação	ATmega168
Arduino Duemilanove	Energizado por USB	ATmega168 (ATmega328 para a versão mais nova)
Arduino Mega	Montagem superficial	ATmega 1280 para E/S

A tensão exigida pela plataforma LilyPad está entre 2,7V e 5,5V e pode ser fornecida por baterias ou por cabo USB ligado ao computador. Os componentes da LilyPad são o microcontrolador ATmega168V ou ATmega 328V, memória flash de

10KB (2 dos quais são usados pelo *bootloader*, um programa que controla a comunicação com o computador e que possibilita o upload de código), SRAM de 1KB, EEPROM de 512 bytes, velocidade de *clock* de 8MHz, 14 pinos digitais de entrada e saída e 6 pinos analógicos de entrada. A corrente contínua por pino (entrada/saída) é de 40mA e no caso do ATmega328 a comunicação é realizada utilizando o protocolo STK 500.

2.8. Android

A arquitetura do Follow-Us permite a comunicação entre diversos dispositivos diferentes, uma possibilidade real é a inclusão de *smartphones* à rede da casa podendo atuar tanto como agente de percepção quanto como agente de interpretação e atuação.

Centenas de milhões de dispositivos móveis, como celulares e tablets são ativados com Android em mais de 190 países ao redor do mundo e possui previsões de grande crescimento (ANDROID, 2012). Android é a plataforma móvel mais utilizada atualmente. Desenvolvedores de aplicações para Android contam com o ambiente de desenvolvimento (SDK – *Software Development Kit*) que permite a programação em Java e que seus aplicativos tenham acesso a todas as funcionalidades do aparelho, aproveitando ao máximo seus recursos, como câmera, GPS, acelerômetro, WiFi, entre outros. Vale ressaltar que não apenas os componentes físicos estão disponíveis para utilização dos aplicativos que podem ativar o envio de SMS, realizar ligações, comunicar com outros aplicativos, utilizar o banco de dados incluso no Android (SQLite), entre outras.

A distribuição e instalação de aplicativos desenvolvidos para a plataforma Android são facilitadas pela existência de uma loja virtual gerenciada pelo próprio Google, a *Google Play Store*. Os aplicativos podem ser publicados na *Google Play Store* pelo próprio desenvolvedor de forma rápida e com a garantia de receber o valor do seu produto caso deseje cobrar pelo mesmo. Da mesma forma, usuários podem buscar aplicativos de interesse, obter as informações necessárias e então instalá-los com apenas um clique.

Desenvolvido sobre um kernel Linux, um conjunto de aplicações, tanto middleware quanto de usuário, integram o conceito do Android, uma junção de softwares desenvolvidos especificamente para dispositivos móveis, apresentando

também um sistema operacional (ANDROID). A Figura 5 apresenta a arquitetura do Android.

Android é de código aberto, pode ser livremente ampliado para incorporar novas tecnologias de ponta na medida em que vão surgindo, dessa forma, a plataforma continuará a evoluir uma vez que a comunidade de desenvolvedores trabalha em conjunto para construir tais aplicações.

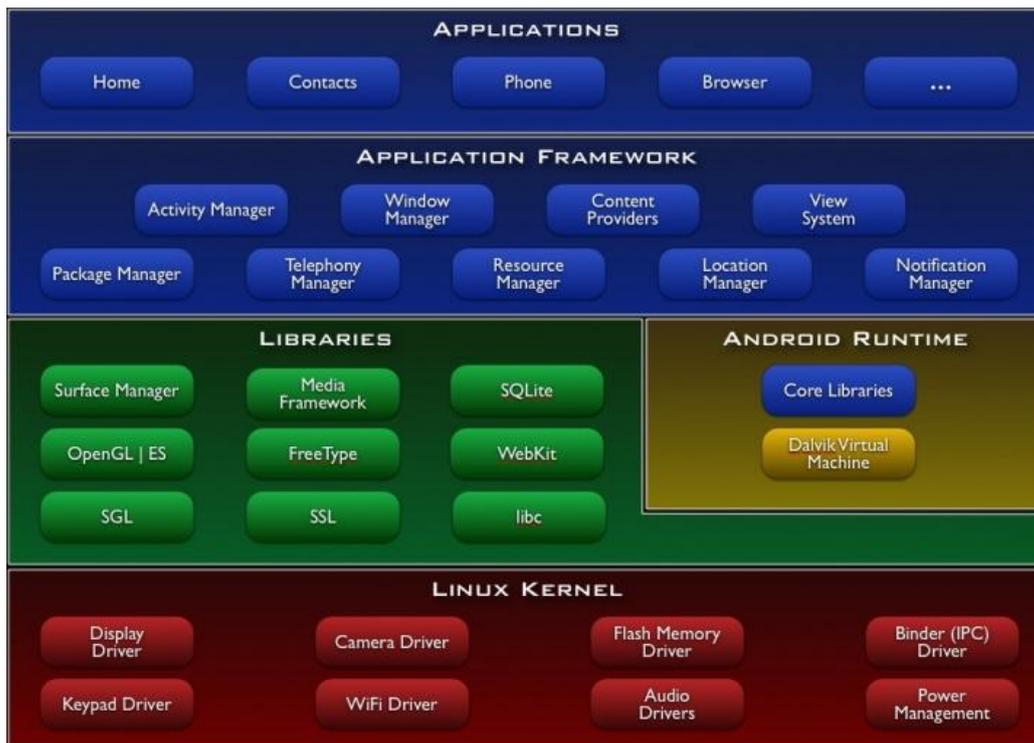


Figura 5 - Arquitetura do Android

Trabalhos Relacionados

A combinação da domótica com os conceitos de Ambientes Inteligentes (AmI) têm o potencial para atender ao desejo de se obter uma vida independente de cuidados excessivos e com conforto. Como visto, várias áreas do conhecimento estão relacionadas à disponibilização de uma plataforma de *Ubiquitous Healthcare*. Neste capítulo são apresentados alguns trabalhos relacionados com o estudo e o projeto de ambientes que auxiliem no cuidado com seus usuários.

3.1. Alguns Projetos de Ambientes Inteligentes

Esta seção apresentará alguns trabalhos na área de Ambientes Inteligentes que de alguma forma se assemelham ao Follow-Ups explicitando em seguida os principais pontos de diferença entre ambos juntamente com seus pontos em comum.

O trabalho desenvolvido por (Feng Zhou et al., 2011) apresenta um sistema dirigido a ambientes inteligentes (C-IAM), com o objetivo de sentir, prever, raciocinar e agir em resposta às atividades dos idosos em suas vidas cotidianas em casa com a utilização de múltiplos sensores de ambiente, compostos de câmeras de vídeo instaladas no teto da área de testes e mais de 100 etiquetas RFID anexadas aos objetos do cotidiano envolvidos nos testes. A arquitetura do sistema foi desenvolvida para sintetizar vários sensores, reconhecimento de atividade, raciocínio baseado em casos, juntamente com *Elderly in-Home Assistance* (EHA) customizando conhecimento, dentro de um framework coerente. O usuário utiliza um leitor de RFID para detectar tags de objetos a uma distância de 6 a 8 cm, uma pulseira iMote2Crossbow fixada em cada um de seus punhos, e um terceiro iMote2set Crossbow na cintura visando detectar movimento do corpo e das mãos com seus acelerômetros de três eixos, por exemplo, a temperatura, a luminosidade e a umidade do ambiente. Existe um leitor de RFID UHF

embutido em cada cômodo para identificar o ID do usuário e sua localização. As câmeras registram a situação global de uma atividade para auxiliar, da melhor maneira possível, a vida do idoso. Todos estes sensores de ambiente são úteis para construir a verdade de uma atividade e criar a base de conhecimento para os testes. O sistema suporta a detecção, prevenção, raciocínio e tomadas de ações de assistência, tirando partido do conhecimento a priori sobre os casos resolvidos para atender às necessidades dos idosos em um ambiente de casa inteligente. O Follow-Us segue essa mesma linha propondo atender as necessidades em um ambiente de casa inteligente, e também suporta a detecção, prevenção, raciocínio e tomada de decisões para vida assistida. Diferencia-se principalmente pelo público abordado ser geral e pelas tecnologias utilizadas, quando ao invés de utilizar RFID e a pulseira iMote2Crossbow, por exemplo, utiliza nós sensores como WaspMote, MicaZ e NamiMote.

No campo da computação ubíqua, vários sensores, incluindo identificação RF (RFID), câmeras e sensores de movimento estão disponíveis para o reconhecimento de atividade, o que geralmente envolve a coleta de uma sequência de observações para interpretar novas atividades, tais modelos de reconhecimento podem ser com base probabilística ou lógica.

Na Figura 6, tem-se a arquitetura apresentada por Feng Zhou *et al* 2011, com seus passos para a assistência final, passando pela identificação do contexto, pela modelagem, pela compreensão e então chegando à assistência.

Para se ter um ambiente inteligente ciente de contexto, a informação EHA precisa ser organizada de forma sistemática, em conformidade com o processo de tomada de decisão EHA.

A complexidade da tomada de decisão sensível ao contexto se manifesta através dos principais desafios técnicos para a realização EHA, como: 1) identificação de contexto para identificar as necessidades do usuário; 2) modelagem de contexto - como adquirir atividade relacionada a dados e descrever, interpretar e organizar dados, como informações estruturadas; 3) compreensão do contexto - com as informações contextuais, entender as necessidades e comportamentos do usuário; e 4) ação de apoio - como agir adequadamente para prestar assistência domiciliar correspondente à situação EHA em curso. Sensores de ambiente composto de câmeras de vídeo instaladas no teto da área de testes, e mais de cem tags RFID anexadas aos objetos diariamente envolvidos nos testes (Zhou, 2011).

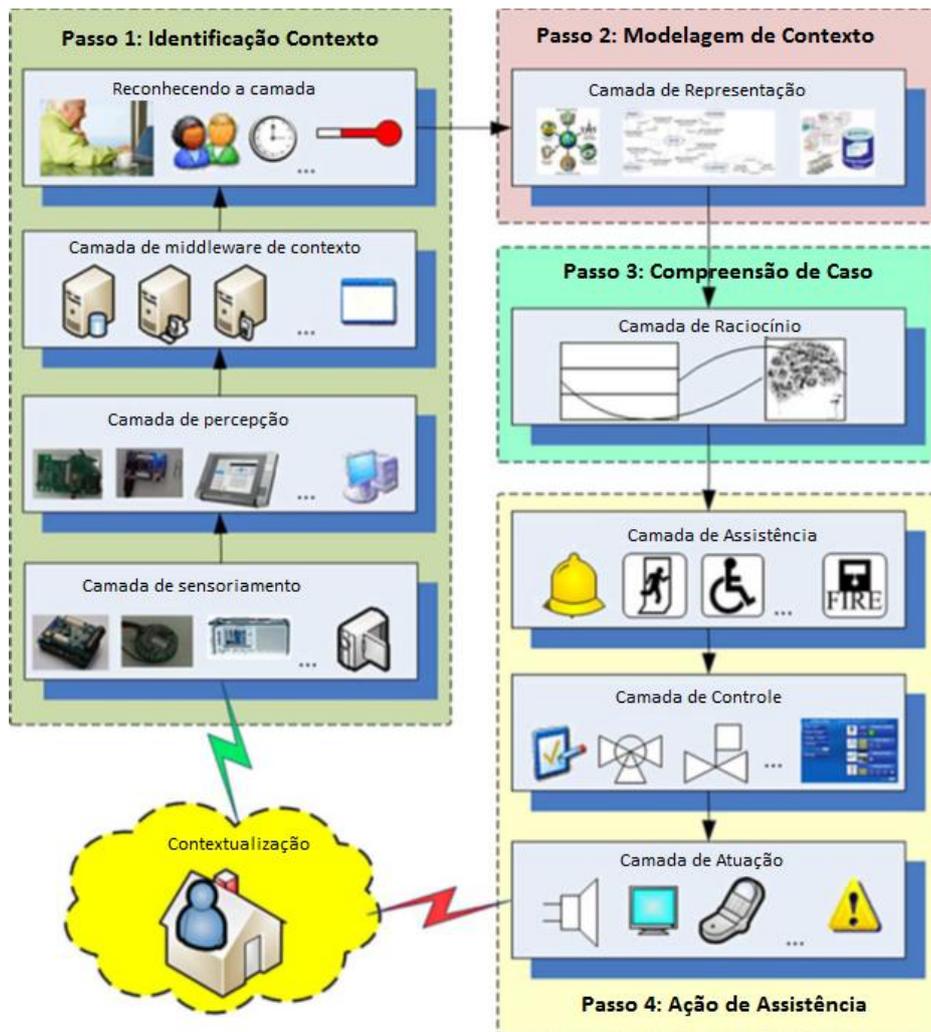


Figura 6 - Arquitetura proposta por Feng Zhou et al. 2011, traduzida

Na *Smart House* de (Hanshen e Wang, 2009) leitores de RFID foram colocados na geladeira. A intenção não é apenas saber o que tem na geladeira, mas também sugerir uma dieta adequada à família. Para fazer essas sugestões, é muito importante que o servidor esteja conectado à internet, para que ele possa coletar dados e conseguir decidir quais alimentos o paciente pode ou deve comer. Os pacientes serão identificados por uma tag RFID. Uma lista de compras também é criada com o que é recomendado que a família coma considerando o que já tem na geladeira e possíveis receitas. Na casa, o sistema consiste em um servidor, um mobile e os leitores de RFID na geladeira. A principal diferença entre o trabalho de Hanshen e Wang e o Follow-Us é que no segundo, não apenas a geladeira é equipada com sensores, mas sim todos os artefatos da casa, formando uma RSSF completa capaz de interagir com os sensores do ambiente e da roupa do morador.

3.2. Alguns Projetos de *Ubiquitous Healthcare*

Esta seção apresentará as diferenças e pontos comuns de outros trabalhos na área de *Ubiquitous Healthcare* quando comparados ao Follow-Us depois de falar um pouco sobre suas principais características.

A casa desenvolvida por (Agoulmine et al., 2011) é chamada de *U-Health Smart Home*, é conectada via Internet de banda larga com profissionais de saúde (por exemplo, hospitais e instituições especializadas), que são continuamente informadas sobre o status do morador monitorado para lidar com situações de emergência que necessitem de intervenção. A proposta do Follow-Us segue esta mesma linha de raciocínio e também apresenta a possibilidade de comunicação da casa com centros de saúde, dentre outras funcionalidades, de maneira automática para garantir agilidade no atendimento ao morador caso seja detectada alguma situação de risco aconteça.

O POSTECH *U-Health Smart Home* (Kim, 2010) (ver Figura 7) tira proveito de avanços na eletrônica e tecnologias de sensores de baixo consumo, o que levou a pequenos sensores e atuadores que são capazes de coletar dados fisiológicos do corpo dos habitantes monitorados. Isto é realizado através da implantação de uma rede sem fio da área do corpo (WBAN).

Os dados gerados pelos diversos sensores devem ser entregues à AUTONOMIC DECISION-MAKING SYSTEM (ADMS)² para uma coordenação eficaz das ações na casa inteligente. Sensores e atuadores implantados transmitem seus dados através de tecnologias de comunicação sem fio utilizando protocolos como o ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi ou tecnologias de comunicação com fio, tais como comunicações de linha Ethernet.

Segundo Agoulmine (2011), no caso da monitoração da saúde, somente alguns dispositivos estão disponíveis, incluindo pressão arterial, pulso, frequência cardíaca e de glicose no sangue. As necessidades de sensores para cuidado com a pessoa em uma casa inteligente podem ser resumidas da seguinte forma: 1) sensores ou *lab-on-a-chip* para monitorar as funções vitais, incluindo pH, colesterol, hemograma completo, contagem de células brancas do sangue, análise de urina, troponina-I (ataque cardíaco), bilirrubina, painel e *metabolic* (Na, K, Ca e); 2) sensores para doenças crônicas, como

² No ADMS estão: Gestão do Conhecimento; Modelagem de situação e conhecimento; Raciocínio Inteligente; Tomada de decisão.

diabetes e asma; 3) sensores para doenças contagiosas, por exemplo, gripe, outras doenças virais e bacterianas; e 4) sensores para doenças específicas como exigido pelos habitantes específicos da casa inteligente.

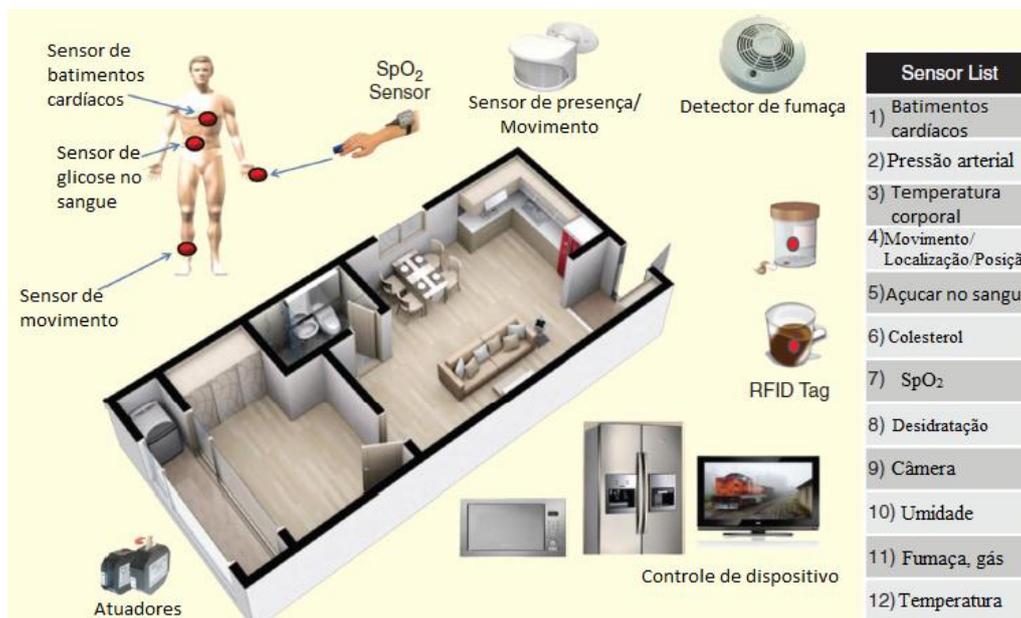


Figura 7 – Ilustração da abstração dos sensores utilizados (traduzida)

3.3. Monitoração de Movimentos

Esta seção apresentará as diferenças e similaridades do Follow-Us a outros trabalhos na área de Monitoração de Movimentos citando suas principais características.

O projeto de Tracy S. Barger *et al.* 2005 é uma *Smart-House* que utiliza um sistema de sensores para monitorar o movimento, e assim, a atividade básica de uma pessoa em repouso além de *switches* tipo *on-off*. Um protótipo do sistema está sendo testado dentro de uma casa, onde um sensor de movimento foi instalado em cada cômodo. Foi estudado se o sistema poderia ser utilizado para detectar padrões de comportamento e então relatar os resultados. A similaridade com o Follow-Us se dá quando a questão dos sensores de detecção do movimento e dos *switches* é comparada. Uma vez que os artefatos do Follow-Us, muitas vezes, já são considerados contendo sensores de movimento instalados, a detecção de movimento está garantida por meio destes artefatos. Outro ponto similar entre os trabalhos é a questão do acionamento dos sensores, que se dá sempre que há movimento na área de cobertura do sensor. Os *Switches* em ambos os trabalhos são instalados principalmente na cozinha para indicar ações como a abertura de um armário ou do forno de micro-ondas.

Leituras realizadas pelos sensores são recolhidas continuamente e consistem nos dados do sensor e o momento em que as leituras foram registradas. Foram considerados quatro atributos associados a cada observação: 1) a localização do sensor; 2) o tempo de início, 3) a quantidade de tempo gasto no cômodo e 4) o nível de atividade, enquanto no cômodo.

O nível de atividade é definido como o número de disparos aos sensores enquanto no cômodo, dividido pelo tempo (em segundos) de permanência na casa. Os resultados desta análise demonstram que um sistema de monitoramento remoto com sensores de movimento de baixo custo, como a *Smart House*, pode ser usado para detectar padrões de comportamento. Eventos identificáveis podem ser considerados como princípio para alguma ação a ser tomada, incluem-se nessa categoria o comportamento do sono, trocar de roupas, usar o banheiro, sair/voltar para casa e preparar refeições, que constituem a maioria das atividades da vida diária e que são usados em avaliações funcionais realizadas por profissionais de saúde.

3.4. Redes Ubíquas

No desenvolvimento de um ambiente de UH podem estar presentes várias redes de diferentes tipos formando uma nova rede mais abrangente. Por exemplo, pode-se ter uma rede de dispositivos formando uma Rede de Sensores Sem Fio para monitoração da casa em termos de temperatura, luminosidade, radiação solar, umidade, etc., e ainda pode existir outra RSSF destinada aos artefatos. Esta seção apresenta uma breve comparação do Follow-Us com alguns outros sistemas da área de Redes Ubíquas.

O trabalho proposto por (Cherkaoui, 2011) apresenta o conceito de "*Always Best Connected*" ou simplesmente ABC para expressar a possibilidade da experiência dos usuários com dispositivos móveis, como *smartphone/computador*. Apresenta também uma continuidade de serviço em qualquer lugar a qualquer momento. Neste contexto, o objetivo da quarta geração de redes sem fio é não só o apoio à conexão de alta velocidade, mas também implementar o conceito ABC beneficiando das inúmeras tecnologias sem fio subjacentes. Os autores trabalham com a implementação da solução em um simulador de redes de acesso heterogêneo e execução de um conjunto de simulações para realçar o valor acrescentado da solução proposta. Os resultados são semelhantes aos obtidos analiticamente e confirmam a validade da abordagem para os usuários finais e os operadores.

Os autores Cherkaoui, E.H. *et al.* 2011, utilizaram o Network Simulator 2 (NS-2) para simulação de rede. Com o NS2, é possível criar múltiplos acessos heterogêneos sobrepostos às redes sem fio utilizando sua pilha de protocolos. Então criaram um conjunto de redes de acesso sem fio heterogêneo interligado por uma rede *backbone* baseada em IP. Finalmente, criaram diversos terminais móveis (MT) de várias interfaces, cujo um padrão móvel foi definido utilizando um modelo realista de mobilidade pré-definido. Da mesma forma, para comprovar o funcionamento do modelo Follow-Us, foram desenvolvidas simulações baseadas no NS-2. A diferença é que no Follow-Us foi utilizado o *framework* MannaSim (ver seção 5.2) para realização da simulação.

3.5. Redes do Corpo

A arquitetura do Follow-Us permite que diversas sub-redes sejam adicionadas. Dessa forma, uma rede formada no corpo do indivíduo pode interagir com a rede da casa.

O objetivo de (Wang, 2010) é construir um modelo para obter informações de prevenção de AVC em UH. Os autores construíram um modelo baseado em informação probabilística, relação entre os indicadores-chave e sequenciado sua coleta de dados de prioridade e precedência no WBAN. Então, foi construída uma função de custo sobre o gasto de energia envolvido na coleta de dados e expressa a relação entre o ganho de utilidade e perda de energia como um problema de otimização restrito.

Ao contrário do caso de RSSFs, WBANs opera no corpo humano e sua linha de comunicação é de cerca de até 2 metros. Esta gama restrita de comunicação permite que seja utilizada a topologia de transmissão em estrelas, como entre o coordenador e os sensores, a remoção de roteamento como uma importante fonte de gasto energético. No entanto, a proximidade dos sensores do corpo e da potência de transmissão baixa requer uma melhor coordenação entre os sensores, a fim de alcançar baixa latência e baixos números de colisão.

Para tal projeto, um modelo de descrição do ganho das informações na WBAN, várias questões-chave foram sugeridas:

- Quais parâmetros são mais relevantes para manifestar sintomas de uma doença específica?
- Quais relações entre estes sintomas são críticas para determinado caso e quais informações de alto nível são necessárias?

- Qual é o melhor sensor de corpo para adquirir um determinado parâmetro?
- Quantas operações de detecção e comunicação serão necessárias para ter o diagnóstico?
- Como fazer diagnóstico dos diferentes dados de sensores presentes no corpo?

Com avanços tecnológicos, sensores em WBANs podem desempenhar diferentes papéis, incluindo a tarefa de transmissão e nós *idle* (ou seja, permanece em *standby*, e acorda periodicamente). Em particular, cada sensor pode ter um papel específico, dependendo da exigência de tarefa, como uma consulta sobre a frequência do batimento cardíaco, a característica de sensores, tal como o tipo de sensor e disponibilidade de recursos tal como níveis de energia restante do nó. Para a tarefa específica em WBANs, a atribuição de sensor fornece uma oportunidade para reduzir o tráfego na rede e prolongar a vida útil do sensor pela ativação de um número limitado de sensores necessários para o monitoramento de um diagnóstico.

Cada sensor no corpo só armazena informações de sua própria posição e o nível de energia restante no coordenador.

Estimar a informação mútua a partir de dados empíricos envolve duas etapas:

- 1) Estimar a distribuição conjunta de sintoma de acidente vascular cerebral;
- 2) Cálculo da informação mútua com base nesta distribuição estimada.

No trabalho de Hui Wang *et al.* 2010, foi identificada uma série de parâmetros-chave, tais como a paralisia localizada, anormalidade em batimentos cardíacos e irregularidade na respiração, que são todos os potenciais indicadores de um derrame, mas com a condição de diferentes relações de precedência e probabilidades condicionais. Foi construído um modelo baseado em informação probabilística e a relação com estes indicadores-chave e sequenciamento de sua coleta de dados de prioridade e precedência no WBAN. Então, construíram uma função de custo sobre o gasto de energia envolvida na sua coleta de dados e expressa a relação entre o ganho de utilidade e perda de energia como um problema de otimização restrito. Também criaram um algoritmo para alcançar a solução. Os autores afirmam que a construção de um modelo de informação correto e simples para um cenário específico UH é uma etapa fundamental do projeto.

Follow-Us, uma plataforma de *Ubiquitous Healthcare*

Este capítulo tem com objetivo apresentar a proposta de uma plataforma para o desenvolvimento de ambientes que envolvam Redes de Sensores Sem Fio, *Internet of Things*, redes sociais e outras tecnologias na disponibilização de um ambiente de *Ubiquitous Healthcare*. Denomina-se o Follow-Us como um ambiente pois congrega diferentes tecnologias aplicadas à formação de um sistema de monitoração e controle. Dentro deste ambiente, diferentes hardwares podem ser utilizados na formação do sistema de auxílio aos usuários. Quando os detalhes do ambiente Follow-Us forem tratados em nível de dispositivos e elementos de hardware, convencionou-se chamar de arquitetura física. Esta não é uma definição que pretende discutir diferentes maneiras de se desenvolver interfaces físicas de comunicação e interoperabilidade, mas apenas apresentar um termo para referenciar os elementos de hardware usados na construção de uma solução que envolva o Follow-Us. Os elementos de hardware organizados formarão uma ou mais redes que estarão aptas a provisionar diferentes tipos de serviços. Estes serviços podem ou não compor o ambiente. Esta decisão é arquitetônica e por isso, o ambiente Follow-Us estabelece a Arquitetura de Serviços. Com intuito de formalizar o fluxo de dados dentro e fora das redes que formarão o Follow-Us, uma arquitetura de informação foi desenhada a partir de alguns serviços que o Follow-Us estará apto a provisionar. O foco da dissertação não está nestas arquiteturas (física, de serviços e de informação). Elas foram definidas no sentido de se organizar o ambiente do Follow-Us e seus componentes em qualquer situação de arranjo com objetivo de

promover diferentes perspectivas para a construção de uma solução que use diferentes tecnologias.

4.1. Arquitetura Física

O foco da solução proposta neste trabalho está na criação de um ambiente repletos de dispositivos computacionais ditos invisíveis que poderão estar embutidos em móveis, artefatos, coisas, roupas e etc., e que possuam a capacidade de coletar dados de diferentes entidades tais como pessoas, plantas, animais e itens do cotidiano. Estes dispositivos computacionais a exemplo dos nós sensores sem fio podem ser dotados de capacidade de sensoriamento e comunicação além da capacidade de processamento e armazenamento. Então, observa-se que uma rede de "coisas" pode ser estabelecida no sentido de provisionar um ambiente preparado para auxiliar seus usuários.

Como exemplo de elementos que podem compor a arquitetura funcional, o Follow-Us inclui os dispositivos que foram definidos em Ruiz (2011) considerando que a redução das dimensões dos dispositivos pode levar à dimensão nanométrica. Esses elementos de hardware incluem os dispositivos definidos por Weiser (1988) e outros, como colocado a seguir:

- *Smart Its*: itens e objetos do dia-a-dia que são desenvolvidos com computação embutida, inteligência e todas as características particulares dos computadores invisíveis.
- *Nano Its*: itens e objetos de escala nano ou construídos com materiais da nanotecnologia que implementam computação embutida, inteligência e todas as características particulares dos computadores invisíveis.
- *Sensor Nodes*: nós sensores sem fio dotados de unidade de sensoriamento, unidade de processamento, unidade de energia e unidade de comunicação sem fio projetado com pequenas dimensões (cm^3 a mm^3).
- *Nano Nodes*: nós sensores sem fio dotados de unidade de sensoriamento, unidade de processamento, unidade de energia e unidade de comunicação sem fio projetado em dimensões nanométricas e consumo ultra *low power*. Vale ressaltar que os itens *Smart Its*, *Nano Its*, *Sensor Nodes* e *Nano Nodes* podem executar tarefas de roteamento no caso de esquemas de comunicação multisaltos. (Couto, 2005), (Josh, 1998).

- *Actuators*: dispositivos atuadores responsáveis por ações coordenadas de resposta a um processamento ou à execução de uma ou mais tarefas. Permitem alterar as condições físicas e lógicas dos ambientes de computação invisível.
- *Self-x things*: qualquer dispositivos de computação invisível que implemente funcionalidades de computação autônoma (ver seção 2.1). Em relação às redes de escala nano, as soluções de gerenciamento ainda são uma questão em aberto. Contudo, as funcionalidades da computação autônoma se apresentam como uma boa solução e devem ser implementadas.
- *Anima-Its*: qualquer dispositivo de computação invisível que implemente funcionalidades de computação emotiva ou que se destine à captura de dados intangíveis tais como sentimentos, estados de humor, etc.
- *Synergistic things*: qualquer agrupamento de dispositivos computacionais invisíveis que se juntam para realizar uma ou mais tarefa de forma cooperativa ou colaborativa.
- *Prince its*: qualquer dispositivo que desempenhe funções de interface com outros sistemas, coordenação, concentração e/ou processamento de dados do grupo, tradução de protocolos, etc. Estes elementos têm funções similares aos nós sorvedouros, pontos de acesso e gateway das Redes de Sensores Sem Fio. Sua principal função é implementar as interfaces.
- *Borderer its*: qualquer dispositivo que esteja na vizinhança de um ambiente de computação invisível, mas que ainda não participa do sistema.

4.2. Arquitetura de Serviços

Ao apresentar o Follow-Us, foi proposta uma arquitetura de serviços que é composta por 12 fluxos de dados devidamente enumerados e ilustrados na Figura 8, onde é possível observar a presença de duas bases de dados, quais sejam: contextos e mídias sociais. A motivação para incluir estas bases será discutida a seguir quando da explicação de cada um dos serviços que consomem e produzem dados no ambiente do Follow-Us.

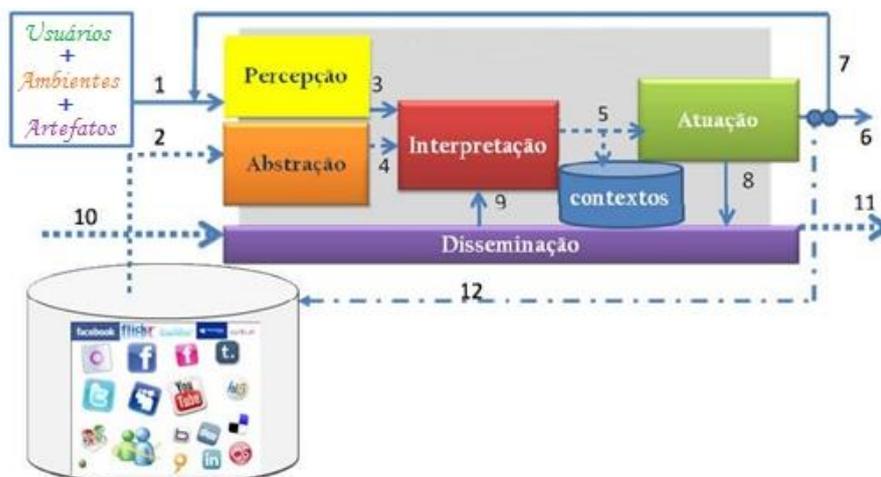


Figura 8 - Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas

4.2.1. Serviço de Percepção

O serviço de percepção (sensoriamento) é realizado pelas Redes de Sensores Sem Fio (ver seção 2.2, página 21), que são formadas por dispositivos computacionais dotados de rádio e sensores físicos tais como os sensores de sinais vitais (temperatura corporal, pressão arterial, glicemia, umidade da pele, etc.), sensores de movimento (pedômetros, acelerômetros), sensores de monitoração ambiental (luminosidade, umidade relativa do ar, temperatura, pressão atmosférica, etc.). Este último tipo de dispositivos sensores ainda podem ser organizados em sensores aquáticos, sensores subaquáticos, sensores terrestres, sensores aéreos.

O serviço de percepção está classificado de acordo com o ambiente e parâmetro de coleta, como a seguir (Ruiz, 2011):

- **Percepção Ambiente.** Serviço de coleta de dados realizado em ambientes fechados ou abertos, rurais ou urbanos, de tempo real ou não, etc. Os dados coletados podem ser: temperatura, pressão, luminosidade, radiação, umidade, estresse mecânico, gases, tensão do solo, etc.
- **Percepção de Artefatos.** Serviço de coleta de dados realizado em objetos do mundo real e cuja leitura não está relacionada com valores coletados diretamente, mas associados com outros dados para se definir o valor real. Os dados coletados podem ser: pressão na maçaneta, força aplicada no fechamento da porta, pressão do pisar, formas de abrir e fechar gavetas, torneiras, etc.
- **Percepção do Indivíduos.** Serviço de coleta de dados de dados fisiológicos ou de anamnese de pessoas, plantas ou animais. Os dados coletados podem ser: pressão

arterial, temperatura corporal, tom vocal, volume da voz, glicemia, movimento das pernas, movimento dos braços, velocidade de deslocamento, entre outros.

- **Percepção Grupos.** Serviço de coleta de dados relacionados à aglomeração ou agrupamento de entidades. Os dados coletados podem ser: distância, toques, risos, gritos, agitação.
- **Percepção Biométrica.** Serviço de coleta de dados usados em biometria, dados que são particulares a um indivíduo. Eles podem ser dados de: íris dos olhos, digitais, face, distância dos quadris, etc.

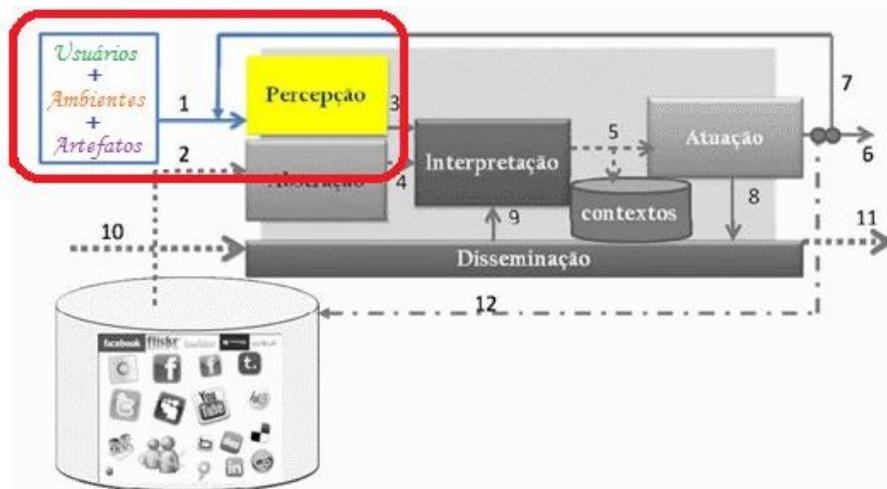


Figura 9 – Serviço de Percepção do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas

A percepção é realizada por meio das tarefas de aquisição de parâmetros tangíveis e intangíveis. Os parâmetros tangíveis podem ser coletados por meio de sensoriamento de muitas formas sendo tanto do ambiente quanto dos dados de sinais vitais do usuário, além dos sensores de movimento. Já os parâmetros intangíveis podem ser inferidos por meio de alguns algoritmos de aprendizagem utilizando os dados sensorizados, por meio da funcionalidade de abstração.

A percepção é parte da computação sensiente ou computação palpável que envolve tarefas de aquisição de parâmetros tangíveis e intangíveis. Os parâmetros tangíveis podem ser coletados com o uso do conceito *Internet of Things* utilizando Redes de Sensores Sem Fio.

No caso de uma aplicação de monitoração de idosos, o serviço de percepção pode ter como foco a coleta dos sinais fisiológicos que podem ser monitorados de maneiras diversas, a exemplo dos batimentos cardíacos que podem monitorados tanto pelo som quanto por meio dos sinais elétricos do coração. A vantagem de utilizar o som

para este tipo de monitoramento é não necessitar contato elétrico com o corpo, que entre outras desvantagens existe a dificuldade de contato quando a pele está seca. Como o coração é o órgão que produz o som mais alto do corpo, a monitoração acústica é mais simples considerando o uso de microfones de baixo consumo (Pantelopoulos, 2010).

Já considerando uma aplicação menos restrita, o serviço de percepção poderia estar encarregado de captar os dados referentes às preferências do usuário, como a temperatura do ambiente, o volume dos alto-falantes, a luminosidade, entre outros.

Como citado existem diversos tipos de sensores, eles podem ser divididos em dois grupos, sendo eles os invasivos e não invasivos. Os invasivos são, por exemplo, sensores de nível de glicemia, nível de colesterol, que ainda precisam perfurar o paciente para conseguir os dados que necessita. Enquanto que os não invasivos são mais comumente utilizados em redes sensores sem fio, como sensores de movimento, pedômetros, sensores de temperatura, entre outros.

Sensores de monitoramento de saúde devem ser de interface amigável o suficiente para ser recebido pelo usuário com rejeição mínima e deve permitir 24 horas diárias de monitoramento do habitante. A expectativa é que com a evolução da eletrônica para escalas nanométricas, os sensores passem a ser invisíveis, fáceis de instalar, de alta confiabilidade, vida longa, transmissão sem fio e autônimos (autogerenciados) (Dobson, 2010).

O serviço de percepção do Follow-Ups (Figura 9) deve considerar o acompanhamento da saúde dos idosos considerando a monitoração por entidades:

Monitoração do Ambiente: que irá monitorar temperatura, luminosidade, umidade, gases no ar (como gás de cozinha, e outros gases tóxicos para o monitoramento da qualidade do ar), entre outros.

Monitoração do Estado Físico por Biosinais: que monitorará frequência cardíaca e respiratória, a pressão arterial, a temperatura corporal, a concentração sanguínea de oxigênio, a variação dos potenciais elétricos gerados pela atividade elétrica do coração, o eletrocardiograma (ECG) e o índice de massa corporal e massa gorda.

Monitoração do Comportamento considerando os artefatos, padrão de marcha, postura para obter as informações de postura e força, os sensores capacitivos são embutidos no chão e mobiliário, ou ainda utilizando câmeras para o reconhecimento da postura do usuário, gestos, voz.

Monitoração Emocional considerando expressão facial e análise do discurso pode utilizar os fluídos corporais (sangue, saliva, urina ou suor) para aferir as inquietações emotivas, ou ainda por meio de processamento de imagens.

4.2.2. Serviço de Abstração

A abstração de contexto é parte da computação que envolve tarefas de aquisição de parâmetros intangíveis, aqueles que são coletados por sensores lógicos onde se pode desenvolver softwares robôs de que utilizam bases de conhecimentos para inferir sobre aspectos abstratos. Esses parâmetros são de natureza dependente, tais como sensações, ações, comportamentos, temperamentos, etc. São exemplos de parâmetros intangíveis: fome, cansaço, estados de humor. Em geral as bases de conhecimento para a coleta de parâmetros intangíveis são as redes sociais onde os usuários postam seus estados e abstrações para expressar o que pensam e sentem. Por exemplo, no Twitter está postado "Estou feliz e com fome". Neste caso, o robô de busca, consegue coletar o parâmetro feliz e fome. Na arquitetura proposta, estes dados são processados pelo serviço de abstração que é representado pelo Fluxo 2 evidenciado na Figura 10 que apresenta de maneira genérica a busca dos parâmetros intangíveis nas redes sociais utilizando o conceito de *Social Sensing* (ver seção 2.6, página 30).

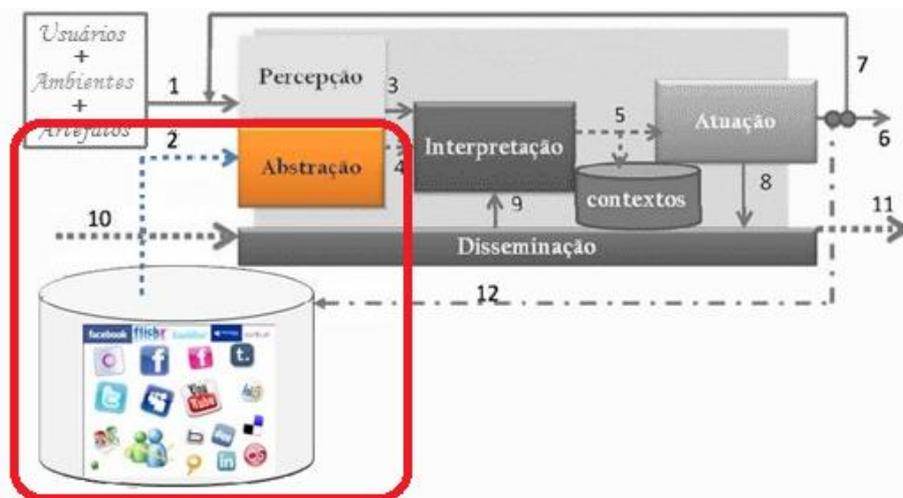


Figura 10 – Serviço de Abstração do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas

Além dos sensores de parâmetros intangíveis usando bases de conhecimento, o serviço de abstração pode fazer uso de sensores de artefatos que permitem coletar dados de um artefato quando usado por um indivíduo e abstrair ou inferir o significado da ação. Pode-se utilizar o conceito de *Internet of Things*, por exemplo, para coletar dados que podem servir como sensores de ações: pressão na maçaneta da porta, tom de voz,

pressão do pé no chão ao andar, número de toques na campainha, movimento dos quadris na cadeira e movimentos na cama.

4.2.3. Serviço de Interpretação

Todos os dados coletados devem estar sujeitos a algoritmos e estratégias de raciocínio que permitam transformar este grande volume de informações em conhecimentos relevantes. Este é o foco do serviço de interpretação (Figura 11) que fará uso dos conceitos relacionados a diferentes áreas da computação.

Além disso, algoritmos de computação natural, inteligência artificial, teoria de jogos entre outros podem ser implementados com o objetivo de raciocinar e interpretar os dados coletados e gerar ações computacionais espontâneas, o que pode incluir a comunicação com outros sistemas que serão cooperantes ou colaboradores com os objetivos da aplicação. Neste caso, estará em funcionamento outro aspecto da interpretação, a comunicação que neste caso herda todas as características das Redes de Sensores Sem Fio, incluindo os aspectos de consumo de energia com a transmissão e a busca por integridade, privacidade e demais aspectos de segurança.

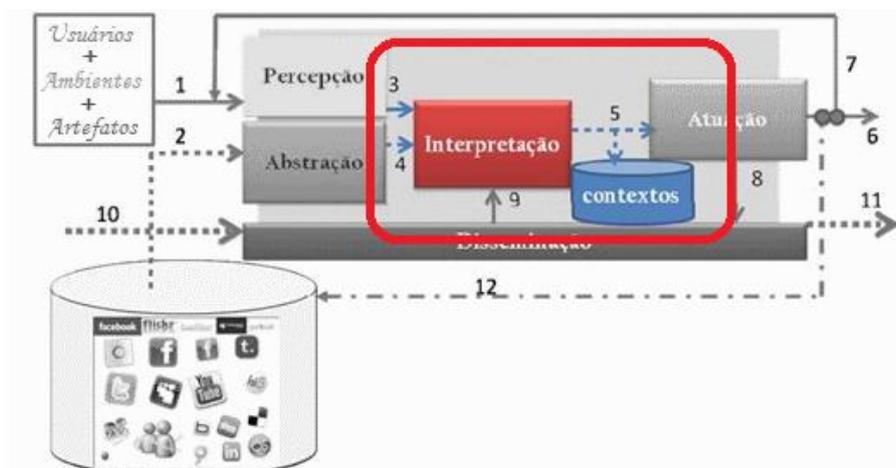


Figura 11 – Serviço de Interpretação do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas

4.2.4. Serviço de Atuação

Além dos sensores para percepção e abstração e dos núcleos computacionais para a interpretação, os sistemas de computação vestível cientes de contexto fazem uso de dispositivos de atuação tais como alarmes, representados de maneira destacada na Figura 12 pelo serviço de atuação do Follow-Ups. Com estes dispositivos, o paciente ou o seu cuidador pode saber, por exemplo, se o sensor de coleta está desconectado do corpo e ainda o alarme pode soar quando o paciente está em situação de emergência

(Mandal, 2009). Outros serviços de atuação também são relevantes no caso de vida assistida e podem ser usados em cooperação com outros sistemas ou mesmo com o ambiente, caracterizando a aplicação da área de computação ciente de contexto. Os serviços de atuação podem também estar conectados às tecnologias de *Internet of Things*.

Outro exemplo do serviço de atuação são lembretes que podem ser programados para exibir mensagem na televisão, por exemplo, para lembrar o morador da casa dos horários de tomar remédio. Caso o morador não veja o aviso, ou simplesmente o ignore não indo pegar a água para tomar o remédio, por exemplo, os outros dispositivos da casa começarão a receber o alerta e exibi-lo também de diversas formas, no visor do forno de micro-ondas, no display da geladeira, por mensagem de voz pelo telefone, entre outras.

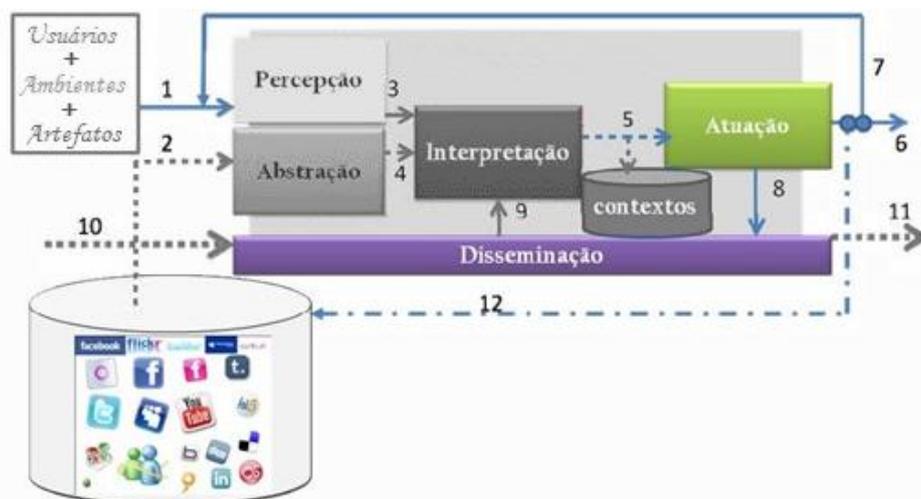


Figura 12 - Serviço de Atuação do Modelo de Arquitetura para Aplicações Ubíquas

4.3. Arquitetura de Informação

A arquitetura de informação tem como objetivo organizar o fluxo de dados que atravessam o Follow-Us. Esses dados, segundo o que é estabelecido pelo Follow-Us serão gerados a partir dos serviços definidos na seção anterior, quais sejam: serviço de percepção, serviço de abstração, serviço de interpretação, serviço de disseminação e serviço de atuação.

O foco de estudo desta seção é a descrição de como o fluxo de dados atravessa o Follow-Us (da entrada para a saída do ambiente), isto é, como os dados necessários à monitoração de idosos são inseridos no ambiente e quais dados e conhecimentos são

produzidos pelo Follow-Us no sentido de auxiliar estas pessoas em suas atividades diárias.

Os conceitos de *Internet of Things* também são utilizados para a concepção do modelo proposto uma vez que os artefatos que compõem a arquitetura física também incluem os componentes da casa, como geladeira, fogão, micro-ondas, portas, janelas, luzes, mesas, entre outros.

A entrada de dados do Follow-Us é de responsabilidade do ambiente, isto é, o usuário não faz uso de teclado, mouse ou tela sensível ao toque para inserir dados no ambiente. Os dados necessários ao funcionamento do Follow-Us são adquiridos por meio de nós sensores das diferentes Redes De Sensores Sem Fio tradicionais ou por meio de nós sensores de parâmetros intangíveis que buscam informações em redes sociais. O fluxo destacado pela Figura 10 ilustra essa possibilidade de entrada de dados.

Com as condições do ambiente coletadas, o sistema pode ser capaz de perceber os usuários, seus desejos e atividades em um dado momento. Com o advento de redes sociais, é possível a utilização desse tipo de dados, buscando e realizando a abstração das informações coletadas na Internet, para que, combinadas com outras, contemplem os parâmetros chamados intangíveis (Figura 10). Logo, as informações coletadas pelos fluxos 3 e 4 servem de base para a Interpretação, que pode indicar uma informação ao usuário ou gerar o armazenamento dos contextos.

Cada componente da arquitetura apresentada pode estar representada em um dispositivo, como um sensor específico que apenas percebe o ambiente e sozinho não realiza nenhuma outra ação. Pode existir o caso em que um dispositivo pode possuir vários componentes da arquitetura, como o WaspMote que é um único nó sensor e pode, por meio do serviço de percepção, avaliar a umidade do ambiente, por exemplo, interpretar o dado verificando qual o significado daquele nível de umidade e então atuar enviando a solicitação aos motores para que as janelas sejam fechadas caso esteja começando a chover. É possível também que um dispositivo precise trabalhar em conjunto a outros para exercer uma única função proposta na arquitetura, por exemplo, com dois dispositivos como o MicaZ, com acelerômetros de três eixos, acoplados à roupa pode-se detectar uma possível queda do indivíduo, dessa forma, dois dispositivos estão trabalhando colaborativamente para realizar o serviço de percepção. A este cenário poderia ainda ser incluída uma câmera com o intuito de eliminar falsos positivos, assim um terceiro dispositivo estaria atuando de maneira colaborativa aos

outros já citados ainda para realizar o serviço de percepção. Dessa forma, nota-se que a configuração do ambiente e das aplicações pode variar de acordo com a necessidade.

O Follow-Us possui um *webservice* utilizado para disponibilizar na internet (apenas para pessoas autorizadas) alguns dados específicos, como por exemplo o estado de saúde do indivíduo monitorado possibilitando um acompanhamento à distância que pode ser útil para cuidar de idosos que morem sozinhos, pessoas com alguma doença crônica, com dificuldades de locomoção, etc. Dessa forma, o socorro pode chegar rapidamente em caso de alguma emergência.

De acordo com a Figura 12, nota-se que a decisão pode estar associada à comunicação dos dados ou à distribuição da computação como visto nos fluxos 8 e 11. A interpretação do contexto também pode levar a alteração de algumas variáveis através do acionamento de atuadores como apresentado no fluxo 6. Analisando o fluxo 7, percebe-se que o resultado do trabalho dos atuadores pode alterar os parâmetros, configurando a realimentação do sistema. No fluxo 12 é determinado que as alterações no ambiente podem influenciar as condições (parâmetros intangíveis) dos usuários. Além destas funcionalidades, um sistema de computação invisível pode funcionar apenas como um nó da rede assumindo responsabilidades de comunicação como mostrado nos fluxos 10 e 11.

O fluxo 9, de disseminação (comunicação), poderá trazer informações de outras roupas, artefatos ou sensores, por exemplo. Após a interpretação, serão salvos os dados em uma base de contexto para utilização futura. Por fim a atuação poderá ocorrer de diversas maneiras, como por exemplo, a emissão de mensagens via *wireless*, SMS, além da atuação em redes sociais de maneira automática.

4.4. Aplicando Follow-Us para desenvolvimento de uma casa inteligente para auxílio a idosos³

Follow-Us é uma plataforma de *Ubiquitous Healthcare* e que para o desenvolvimento da casa inteligente apresentada nesta seção foi considerado apenas uma fatia da população, os idosos destinando-se a ajudá-los a viver uma vida mais independente o maior tempo possível e para manter suas atividades diárias regulares em sua própria casa. Como em Agoulmine (2011), o trabalho prevê uma casa inteligente que visa

³ O conteúdo desta seção foi publicada em (Ghizoni, 2012).

proporcionar a autogestão do estilo de saúde e segurança para os seus habitantes, por exemplo, automonitorização da saúde. A casa está ligada à Internet de uma forma inteligente para enviar mensagens para os profissionais de saúde que são continuamente informados sobre o status dos moradores monitorados para lidar com situações de emergência que exigem intervenção.

Já o trabalho descrito em Kim (2010) leva vantagem de avanços na tecnologia eletrônica e de baixa potência, sensores, os quais levam à pequena dimensão do corpo de sensores e atuadores médicos que são capazes de recolher dados fisiológicos do corpo, dados do local e possivelmente controlar e entregar alguns medicamentos. Isto é feito através da implantação de uma rede sem fio área do corpo (WBAN).

Em particular, decidiu-se monitorar os movimentos da população de idosos, porque eles têm muitas queixas comuns, como tontura e perda de equilíbrio. Apesar dos grandes avanços em sensores de baixa potência e tamanho nano eletrônica, nós sensores invisíveis ainda não estão disponíveis comercialmente. O Follow-Us veio para fornecer uma maneira de integrar vários tipos de artefatos, ambientes e também os idosos com sensores que estão entre os objetos e as pessoas, por exemplo, em suas roupas.

Tem-se usado a plataforma MicaZ como um nó sensor sem fio do corpo. Esta placa sensor é composta por acelerômetros e microfones que são fixos no corpo (peito, ombro e pernas). Em Zorkot (2006), que propôs uma ferramenta que utiliza uma RSSF para realizar a detecção de movimento do paciente, auxiliando o estudo do ritmo cardíaco anormal.

Considerando-se o serviço de percepção audiovisual, só haverá intervenção quando situações de risco são detectadas (queda de idosos, por exemplo), os sensores do corpo também capturam voz ou respiração, e um nó sensor visual é acionado para fazer uma imagem e enviar os dados sobre o acidente de um ente querido à família ou equipe de resgate (Araujo, 2011).

O Follow-Us pode usar redes de protocolos de sensores sem fio para encaminhar os dados para a RSSF. Em particular tem-se realizado difusão direcionada, LEACH, ZigBee e 802.11. Fora da RSSF, o Follow-Us podem usar o SMS ou ferramentas de redes sociais para enviar dados aos parentes. A família ou o profissional de saúde pode receber, com a periodicidade desejada, um relatório, que tem processado de forma inteligente as informações obtidas a partir de sensores sobre as atividades e

comportamento do idoso. Estes dados podem ser utilizados para análise de tendência e pesquisa médica.

Um sistema de *webservices* permite que os membros da família a partir de um computador ou dispositivo que tenha acesso à Internet, como um telefone celular ou um tablet, tenham acesso a informações, imagens, etc. Além disso, o *webservice* também permite controlar o funcionamento de equipamentos elétricos, como ar condicionado, ventiladores, televisores, ferro elétrico e chuveiros, para ajudar os idosos nas tarefas diárias. Cada dispositivo é representado por um botão que pode ser clicado, a fim de mudar o seu estado, desde que o usuário tenha a permissão necessária. Nesta página, os gráficos são apresentados mostrando o histórico da temperatura e umidade da casa, bem como informações dos idosos.

Quando determinado conjunto de dados solicita determinada ação, pode existir conflito se outro conjunto de dados, ao mesmo tempo, solicitar uma ação oposta à primeira. Em Silva (2010) foi proposta uma nova metodologia chamada CReMe (Metodologias para a Resolução de Conflitos) que detecta e soluciona conflitos de interesse para aplicações com características ubíquas sensíveis ao contexto. Além disso, a abordagem desenvolvida considera o *trade-off* entre a satisfação dos usuários e do consumo de recursos, a fim de selecionar e aplicar um algoritmo de resolução de conflitos. Os resultados obtidos por Silva mostraram que a solução proposta por ela é flexível, dinâmica e capaz de proporcionar a satisfação dos usuários, bem como para salvar recursos do sistema.

Considerando-se o serviço de abstração, o idoso recebe apoio do Follow-Ups, a fim de ajudar na sua vida diária, por exemplo, o sistema gerencia aparelhos elétricos *on/off*, porta principal se abriu. A solução também possui uma ferramenta amigável para anotar compromissos da pessoa idosa e pode aconselhar os seus cumprimentos (por exemplo, tomar remédio, regar plantas, exercícios de fisioterapia na reabilitação de controle postural, associados com a senescência). Neste caso, as mensagens são mostradas na TV, tablets, telefones celulares, displays de micro-ondas e geladeiras além de sons especiais pela casa.

Contextos internos, como os sentimentos e as necessidades fisiológicas, também poderiam ser relevantes para as decisões de adaptação. No entanto, estes contextos são difíceis de se avaliar pois, geralmente, não são informações que podem ser obtidas por meio de sensores físicos. A casa inteligente pode postar mensagens para o

supermercado, a farmácia, a família, etc. Também pode decidir-se a acender as luzes proporcionando uma oportunidade de construir interfaces inteligentes e calmas. A casa inteligente compartilhada monitora itens de uso diário, a fim de alertar os pacientes, amigos, familiares ou de serviços de saúde sobre a necessidade de intervenção quando condições anormais são detectadas, bem como para coletar dados para análise de tendências e pesquisas médicas. Adota a incorporação de sensores ambientais, conscientização do contexto para detecção melhorada e detecção episódio.

O Follow-Ups pode ser customizado para qualquer ambiente físico (casas, hospitais, casas de idosos, aulas, escritórios e assim por diante) e foi concebido com base em interfaces naturais, equipamentos que proporcionem mãos livres adequados para idosos considerando suas dificuldades inerentes à idade como coordenação motora e sentidos reduzidos e ainda dispositivos capazes de realizar computação útil para as pessoas ao redor.

4.5. Considerações Finais

Como prova de conceitos, cenários de simulação foram desenvolvidos utilizando o MannaSim para avaliar os erros, a perda de pacotes e, principalmente, qual formação da rede é mais adequada à plataforma proposta. Para desenvolver tais cenários, foi considerado o conceito de *Internet of Things*, uma vez que diversos artefatos estariam conectados para realizar tarefas em conjunto.

Dessa forma, foram realizadas diferentes simulações utilizando o MannaSim como: a simulação de um ambiente que representa uma casa que possui diversos sensores onde um idoso mora sozinho, essa simulação foi realizada de diferentes maneiras para se concluir qual será a melhor disposição dos sensores e a melhor formação da rede na casa do idoso; e a simulação de uma rede de artefatos da casa. Foram desenvolvidos, também como prova de conceitos, protótipos vestíveis, mostrando a possibilidade de usar esse tipo de tecnologia para o cuidado, além de um protótipo de detecção de queda de idosos, visando maior rapidez do socorro do que em casos em que o idoso sofre a queda sozinho.

Cenários de Simulação

Aplicando o Follow-Us

Este capítulo tem como foco o desenvolvimento de cenários de simulação que foram implementados como parte da solução proposta para a monitoração de idosos. Simulações tem sido realizadas como ferramentas de auxílio ao projeto de Redes de Sensores Sem Fio uma vez que ainda não se tem disponível a arquitetura e o número de nós esperado para a execução do Follow-Us em ambiente real pois o alto custo e a dificuldade de aquisição, devido a necessidade de importação dos artefatos, impõem uma barreira difícil ser transposta a curto prazo e prejudicaria o cronograma. Outra contribuição da simulação é exercer as atividades ainda em simulação e adquirir conhecimento que permita a definição de hardware e software mais adequados ao desenvolvimento de protótipos ou sistemas reais.

As simulações propostas representam parte das aplicações de *Ubiquitous Healthcare* com benefícios potenciais para toda a comunidade científica e sociedade. Equipar ambientes com redes de nós sensores sem fio e dispositivos de baixa potência promove a construção de casas inteligentes destinadas a diferentes tipos de famílias, e em particular, famílias pertencentes à geração sanduíche.

O Follow-Us foi concebido para diferentes aplicações e como prova de conceitos foi customizado para o desenvolvimento de uma aplicação que monitora idosos em suas casas e atividades diárias permitindo que os mesmos fiquem por alguns períodos desacompanhados, mas remotamente cuidados pela plataforma proposta. Em muitos casos, tarefas simples como abrir ou fechar janelas podem ser difíceis de serem realizadas. Em outros casos alcançar o interruptor para acender uma lâmpada pode ser

uma ação complicada. Tarefas associadas com a ingestão de remédios, vitaminas, alimentos e água podem ser muito difíceis de serem realizadas uma vez que o idoso pode não se lembrar ou não ter a certeza do horário para fazê-lo. Além das tarefas de rotina, situações de emergência podem surgir sem que o idoso tenha condições de solicitar ajuda. Este é o caso quando o idoso sofre uma queda. Muitas vezes, o cuidador pode estar envolvido em outras tarefas ou a família pode estar em horário de trabalho, no trânsito ou à distância e rotinas simples dos idosos podem ficar comprometidas.

O Follow-Ups pode evitar o isolamento social e de apoio, mantendo uma rede multifuncional em torno do indivíduo para promover um estilo de vida melhor e mais saudável para pessoas em situação de risco ou que precisam de cuidados especiais. O Follow-Ups também pode ser usado para obtenção de dados diários a serem usados no diagnóstico de doenças ou na prevenção delas.

Como prova de conceito para a aplicação, que dentre os conceitos de S.C.A.L.E. propostos por (Cha, 2008) foca no princípio de *Scalability* (ver seção 2.1, página 18), cenários de uma casa de UH foram desenvolvidos e simulados num ambiente conhecido como MannaSim (ver seção 4.2, página 45), uma ferramenta que estende as funcionalidades do Network Simulator (NS-2) (ver seção 4.1, página 44) para uso em Rede de Sensores Sem Fio.

Foram desenvolvidos três tipos de simulação (ver seção 4.3), sendo elas: de uma rede plana, de uma rede hierárquica, e por fim uma simulação de uma rede de artefatos.

5.1. A Ferramenta Network Simulator (ns-2)

O ns-2 (Network Simulator, 2011) é um simulador de eventos para testar e pesquisar redes, atualmente mantido pela UC Berkeley, e usado principalmente no meio acadêmico. Ele fornece suporte para simulação de transmissão e protocolos de roteamento para redes com e sem fio, programadores e suas políticas em linha, características de tráfego e muito mais. Ns-2 usa duas linguagens, C++ para criar e manipular as estruturas usadas na rede (agentes, protocolos, métodos de transmissão, manipulação de byte, entre outros) e o OTcl (orientada a objetos *Tool Command Language*) linguagem de script, que é usado para criação de simulações.

Pelo projeto, ns-2 é eficiente, contando com o benefício de desempenho do C++ para lidar com aspectos de baixo nível ao mesmo tempo, facilitando o processo de desenvolvimento, usando OTcl, que é uma linguagem interpretada, e, portanto, não há

necessidade de uma nova construção se houver alterações de parâmetros de simulação. A execução do script através do simulador produz um arquivo de saída conhecido como um arquivo de rastreamento. Neste arquivo muitas informações sobre o trabalho da rede podem ser obtidas, tais como: nível de energia, o comportamento do protocolo, a descrição dos eventos, a posição de componentes, motivo de erros, o caminho do pacote e outra informação.

Para desenvolver este trabalho, foi utilizado ns-2 (versão 2.29) com o pacote MannaSim. Os pacotes a seguir também devem ser instalados: TCL (*Tool Command Language*), Tk (*Toolkit* interface gráfica do usuário), OTcl (orientada a objetos *Tool Command Language*) e Tclcl (Classes com *Tool Command Language*).

5.2. O Módulo MannaSim

MannaSim (MannaSim Framework, 2012) é um *framework* para simulação Redes de Sensores Sem Fio com base no Network Simulator 2, que se estende e apresenta módulos para esse tipo específico de rede. Além disso, ele tem uma ferramenta de *front-end* para geração de código TCL (MannaSim *Script Generator*), proporcionando facilidade e precisão no desenvolvimento de cenários e em especial, um amplo conjunto de algoritmos e protocolos.

Primeiro as principais configurações são escolhidas na simulação, como o protocolo de transporte (TCP e UDP), protocolo de roteamento (AODV, DSR, TORA, LEACH, Dirigido Difusão e DSDV), a camada física (914MHz Mica2 e Lucent WaveLANDSS), a propagação de sinal de rádio, o tamanho da área, o tempo de simulação e outras configurações. Foram utilizados os protocolos disponíveis no MannaSim, o UDP como protocolo de transporte por ser um protocolo simples e o AODV por ser um protocolo de roteamento que foi desenvolvido objetivo de ser um protocolo adaptativo a cenários de alta mobilidade, de maneira a evitar desperdício de banda e minimizar o processamento nos nós, que atuam como roteadores na rede.

Depois de selecionar os parâmetros envolvidos com a definição da rede, torna-se necessário definir a plataforma de nós sensores comercialmente disponível que fornecerá os valores dos parâmetros relacionados com os elementos de rede. Neste caso, é necessário usar parâmetros de plataformas comerciais para a especificação dos nós comuns, pontos de acesso e cluster *heads*. Além disso, outros parâmetros devem ser definidos, tais como o número de dispositivos no alcance da rede, nível de energia

inicial, o alcance da transmissão, o tempo e a forma de disseminação e de sensoriamento, e os dados (por exemplo, de temperatura e de dióxido de carbono).

O nó sensor utilizado como parâmetro nas simulações foi o MicaZ, que possui sistema automático de roteamento de mensagens, realiza a transmissão de mensagens por sinal de rádio, sua fonte de energia são duas pilhas do tipo AA [Anexo 1].

5.3. Aplicando Follow-Us no Ambiente da Casa

Considerando Redes de Sensores Sem Fio para a percepção do ambiente como proposto (ver seção 4.2.1), composta por *Sensor Nodes* (ver seção 4.1) foram desenvolvidos dois tipos de cenários de simulação. Levando em conta que o ambiente proposto na simulação é uma casa de idoso consideram-se duas diferentes simulações a casa do idoso sendo sensoriada cômodo a cômodo, considerando a interferência da parede, além de conseguir manter os sensores em *standby* enquanto o idoso estiver em outro ambiente. E outra, o sensoriamento da casa inteira desconsiderando as divisões, na qual todos os sensores ficam ativos o tempo todo.

Em ambas as simulações de percepção do ambiente foram utilizados os sensores que se enquadram no grupo dos não invasivos, que são mais comumente utilizados em redes sensores sem fio, como sensores de movimento, pedômetros, sensores de temperatura, entre outros. Outro ponto do Follow-Us levado em consideração nas simulações de ambiente foram que a entrada de dados é de responsabilidade do próprio ambiente, isto é, o usuário não faz uso de teclado, mouse ou tela sensível ao toque para inserir dados no ambiente. Os dados necessários ao funcionamento do Follow-Us são adquiridos por meio de nós sensores, pelo fluxo identificado com o número 1 da Figura 8 Capítulo 4.

Após a modelagem de cada ambiente conforme proposto, as simulações foram executadas trinta e três vezes para que exista a convergência dos dados, conforme é dito em (Zeigler, 2000),(Jeruchim, 2000), (Banks, 2009).

5.3.1. Cenário de Simulação de uma Rede Plana⁴

O cenário de simulação deste ambiente é uma planta de uma casa que é considerada como um todo, formando uma rede plana. Como em (Cherckaoui, 2011), foram utilizados alguns critérios para avaliar a simulação, os erros encontrados e a energia

⁴ O conteúdo desta seção foi publicado em (Ghizoni, 2012).

gasta. Para a avaliação, foi utilizada a planta de uma casa, com apenas um habitante sendo monitorado em sua vida cotidiana, como na Figura 13, que mostra a divisão de 29 nós comuns e três pontos de acesso na área monitorada. A Figura 14 destaca um exemplo de caminho de tráfego de dados da rede, mostrando que os nós sensores se comunicam entre-si e com os pontos de acesso, enquanto os pontos de acesso além de se comunicarem com alguns nós, comunicam-se com a estação, onde se encontra o banco de dados mencionado na legenda.

Diferentemente de (Park, 2007), onde a informação é armazenada em arquivos XML, na simulação do Follow-Ups retorna-se um arquivo texto que é armazenado em um banco de dados MySql através de scripts acionados manualmente após o fim das simulações. No entanto, ambas as simulações foram desenvolvidas com base em estrutura de evento e mensagem.



Figura 13 - Divisão de nós comuns e pontos de acesso no ambiente para a Simulação do Cenário de Rede Plana de 5m x 6m

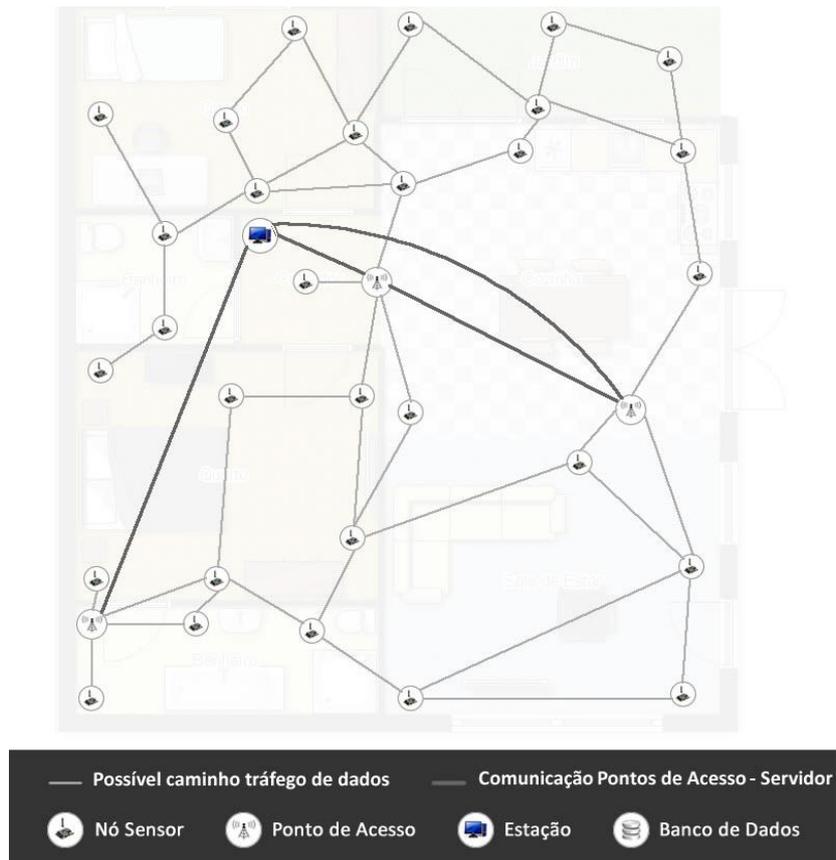


Figura 14 - Exemplo do Caminho do Tráfego de Dados da Rede Sem Fio 5m x 6m

Nível de Energia Consumida em Nós Sensores no Cenário de Rede Plana

A rede plana foi projetada em um cenário e então 33 simulações deste foram executadas para que fosse possível encontrar uma média válida para os experimentos realizados. Considerando as funcionalidades executadas nos cenários de simulação, como nível residual de energia nos nós, quantidade de mensagens enviadas, quantidade de mensagens recebidas, etc. Os resultados mostram que o nível de energia residual médio nos nós sensores das 33 simulações foi de 24,40743 joules variando de 24,35657 a 24,43624 joules.

Considerando que a energia inicial definida para os nós sensores comuns dispostos em uma arquitetura física plana foi de 30 joules, o consumo médio de operação de rede em seu tempo de vida válido, foram 5,596 joules.

O gráfico da Figura 15 apresenta os resultados para o nível de energia residual dos nós comuns. Observe no gráfico que o comportamento é estável para todas as execuções de simulação com exceção da 11ª. Devido a casos fora do padrão como esse,

surge a necessidade de se realizar 33 simulações para que a média avaliada não seja alterada.

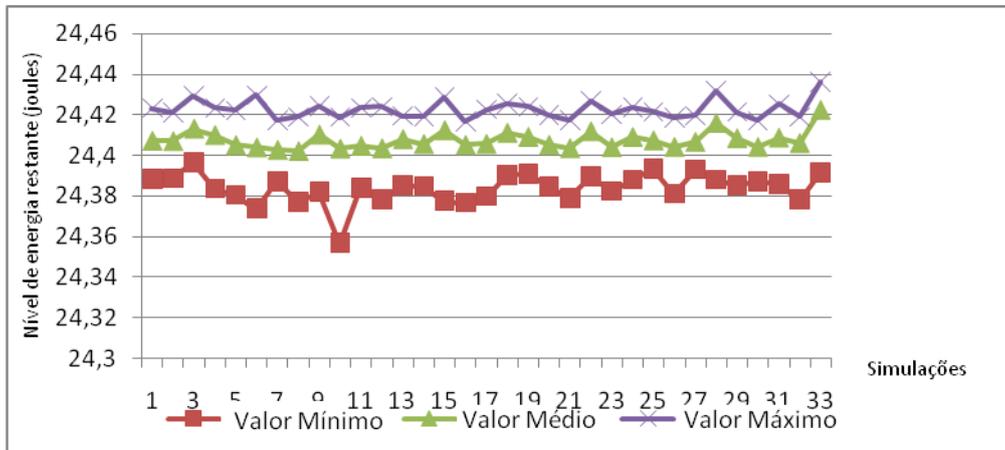


Figura 15 - Nível de Energia nos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana

Nível de Energia Consumida em Pontos de Acesso no Cenário de Rede Plana

Considerando as funcionalidades executadas nos cenários de simulação, um estudo sobre o nível de energia dos pontos de acesso foi realizado. Os resultados mostram que o nível de energia residual nos pontos de acesso variou de 34,883 a 91,931 joules e a média das 33 simulações foi de 60,7848 joules.

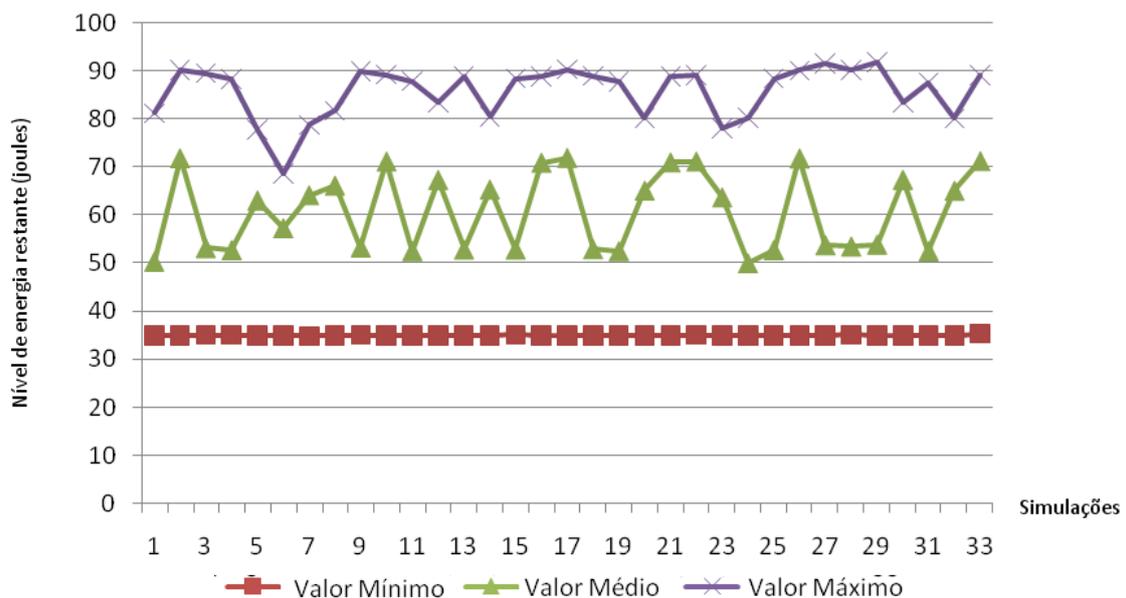


Figura 16 - Nível de energia restante dos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Plana

Considerando que a energia inicial definida arbitrariamente em 100 joules, por ter sido julgado suficiente, para os pontos de acesso dispostos em uma arquitetura física

plana, o consumo médio de operação de rede em seu tempo de vida válido, foram 39,2152 joules. O gráfico da Figura 16 apresenta os resultados para o nível de energia residual dos pontos de acesso.

Número Médio de Erros Encontrados no Cenário de Rede Plana

O número de erros é uma preocupação em qualquer aplicação. Dependendo do tipo de aplicação, os erros são mais ou menos significativos. Em aplicações críticas, por exemplo, a quantidade de erros deve ser muito reduzida para que não aconteçam falhas que venham a prejudicar os usuários, como por exemplo, no caso do Follow-Us em que uma mensagem não entregue pode significar falta de atendimento emergencial ao morador e então trazer sérias consequências.

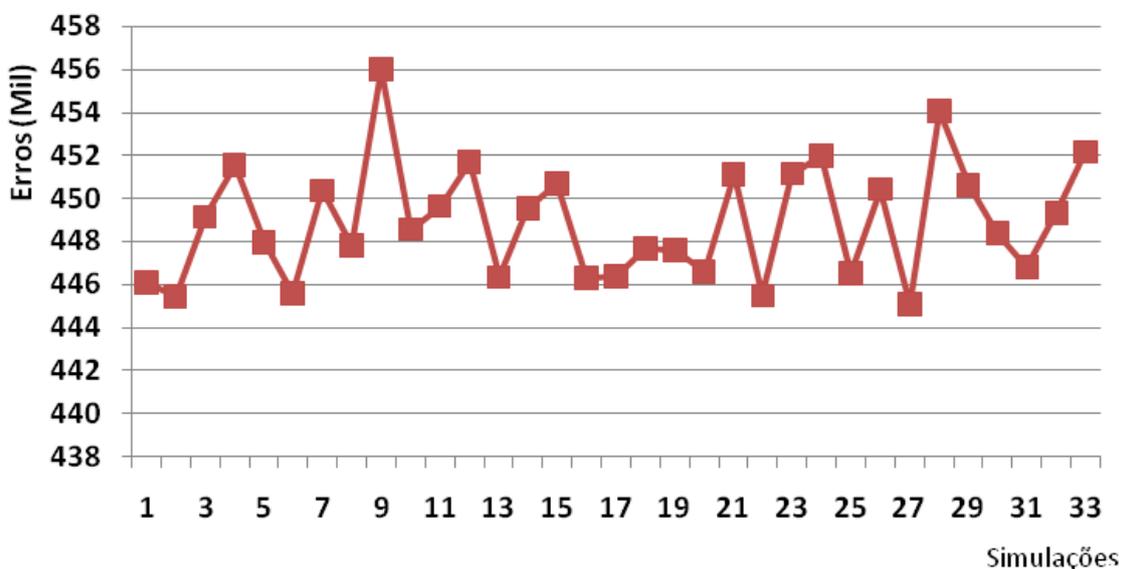


Figura 17 - Número Total de Erros Encontrados durante as Simulações do Cenário de Rede Plana

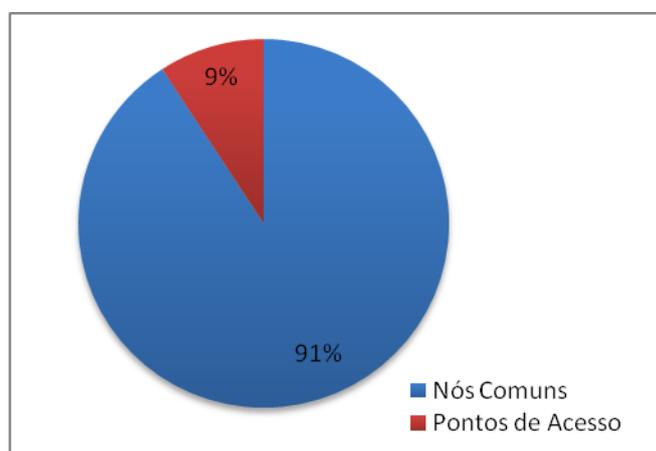


Figura 18 - Divisão dos Erros por componente nas Simulações do Cenário de Rede Plana

Durante a operação das 33 simulações, verificou-se que a quantidade de erros numa simulação, variou de 445.053 a 455.977 e a quantidade média de erros foi de 448.883,3 erros. A Figura 17 e a Figura 18 ilustram a quantidade total de erros encontrados, independente de qual seu tipo e a divisão dos erros entre os pontos de acesso e nós comuns, respectivamente.

Número de Erros em Nós Comuns no Cenário de Rede Plana

Durante a operação das 33 simulações, verificou-se que a quantidade de erros varia de 398.783 a 416.857 e, portanto, o número médio de erros foi 407.556,606. Essa variação se deve por que a cada simulação a rede se comporta de uma maneira diferente, podendo escolher, de uma simulação a outra, rotas diferentes para o tráfego, visto que é uma rede *ad hoc*, A Figura 19 ilustra o número de erros ocorridos em nós comuns.

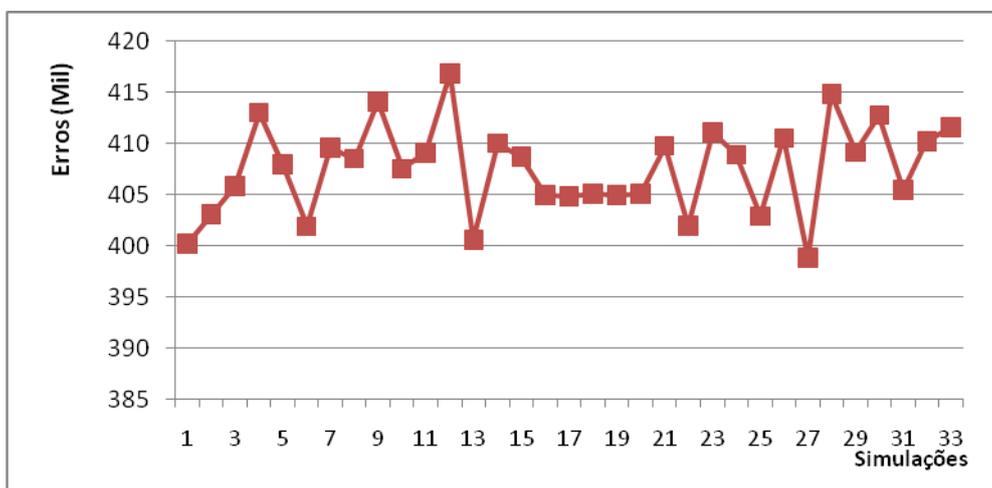


Figura 19 - Quantidade de Erros dos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana

Número de Erros em Pontos de Acesso no Cenário de Rede Plana

Durante a operação das 33 simulações, verificou-se que a quantidade total de erros encontrados variou de 34.791 a 46.270 e, portanto, a média de erros foi de 41.326. Em seguida, a Figura 20 ilustra o número de erros no ponto de acesso e a próxima seção tratará dos diferentes tipos de erro encontrados.

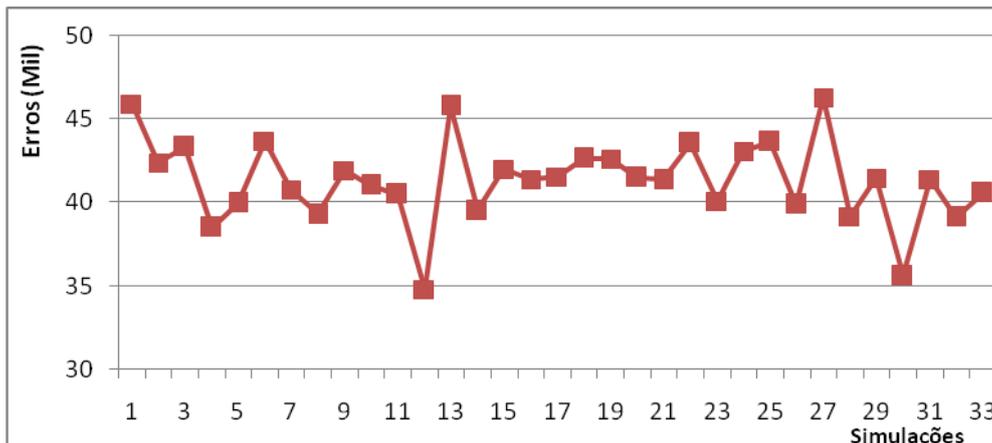


Figura 20 - Quantidade de Erros nos Pontos de Acesso na Simulação do Cenário de Rede Plana

Tipos de Erros encontrados nos Pontos de Acesso no Cenário de Rede Plana

Com a realização dos experimentos, identificou-se que 98% dos erros (1.341.910) são erros de colisão de pacotes, outros 2% são erros não relatados no arquivo de rastreamento e a junção de todos os outros tipos de erros não chega a 1%. A Tabela 3 mostra a divisão e a quantidade dos tipos de erro encontrados nos pontos de acesso.

Tabela 3 - Tipos de erro encontrados nos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Plana

Tipos de erro	Número de Erros
Não informado	21.210
ARP	206
CBK	146
COL	1.341.910
NRT	10
RET	298
Total:	1.363.780

Tipos de Erros encontrados nos Nós Comuns no Cenário de Rede Plana

Na realização dos experimentos, identificou-se que 94% dos erros (12.619.826) relatados no arquivo de rastreamento da simulação não apresentaram sua causa, os erros remanescentes são em sua maioria erros de colisão de pacotes (COL - 5%) e erros causados por pacotes em excesso na interface de fila (IQA - 1%).

No entanto, desconsiderando os erros cujas causas não foram listadas no arquivo de saída da simulação, observa-se que 73% são erros de colisão de pacote (COL), 23% são erros IFQ, 2% são devido a esforços excessivos de envio (RET), de retorno de chamada de erro de 1% (CBK), 1% são erros causados quando há um excesso de pacotes ARP na fila (ARP), e a ausência de erros de encaminhamento é inferior a 1%. A

Tabela 4 e na Figura 21 mostram a distribuição de tipos de erros que foram encontrados em nós comuns.

Tabela 4 - Tipos de Erro Encontrados nos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana

Tipos de erro	Número de Erros
Não informado	12.619.826
ARP	2.773
CBK	9.800
COL	603.044
IFQ	193.115
NRT	1.810
RET	19.000
Total:	13.449.368

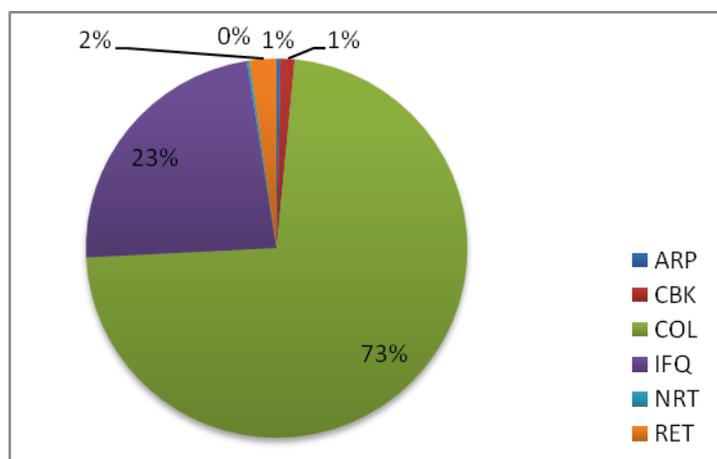


Figura 21 - Divisão de tipos de Erro em Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Plana (Exceto para erros não informados)

Divisão ou Distribuição dos Eventos das Simulações no Cenário de Rede Plana

Durante a operação de 33 simulações foram verificados 82.430.928 eventos que são divididos em: transmissão de informações (49%), recepção (33%), ocorrência de erro (18%) e no roteamento. A Tabela 5 e a Figura 22 mostram a divisão de eventos das simulações.

Tabela 5 - Divisão dos Eventos das Simulações do Cenário de Rede Plana

Tipo de Evento	Média	Total
Erros	448.883,273	14.813.148
Roteamento	13.596,636	448.689
Recebimento	817.909,303	26.991.007
Envio	1.217.517,697	40.178.084
Total:		82.430.928

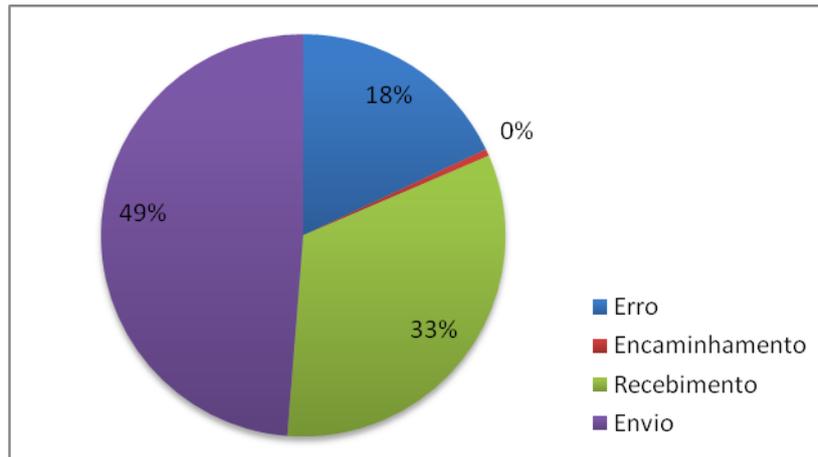


Figura 22 - Divisão dos Eventos das Simulações do Cenário de Rede Plana

Operação da Rede em seu Tempo de Vida no Cenário de Rede Plana

Analisando o comportamento da rede durante seu tempo de vida, verificou-se que a rede tem um pico do número de mensagens já nos primeiros segundos (33.912 postagens), mas nos segundos seguintes cai drasticamente e já a partir do quarto segundo de tempo de vida o número de mensagens se estabiliza e permanece em torno de 16.384 mensagens. Isto acontece devido às mensagens de reconhecimento que são enviadas no início da rede, onde cada nó precisa “avisar” que faz parte da rede e sua localização.

Esta situação tende a permanecer estável até atingir 149 segundos, que marca o fim da execução da simulação. A Figura 23 ilustra a operação da rede durante seu tempo de vida.

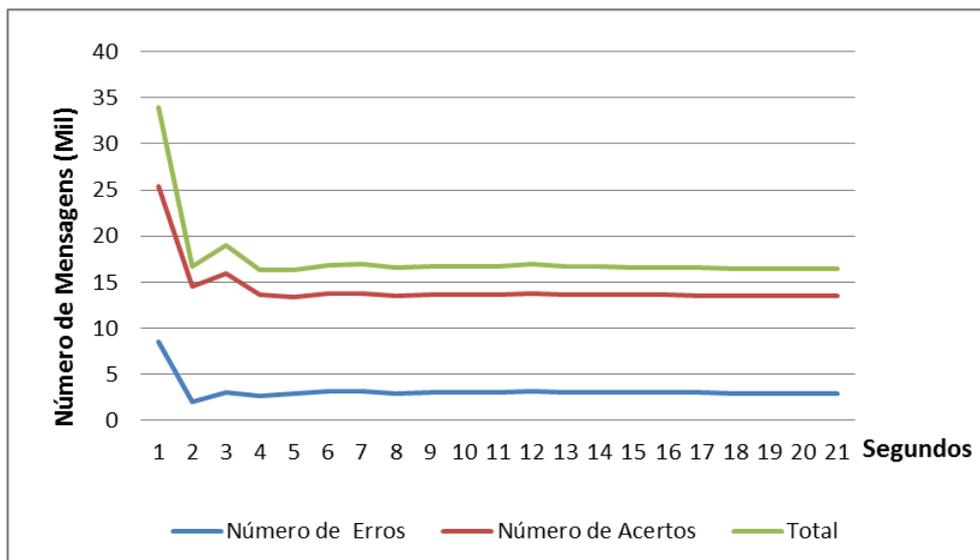


Figura 23 - Operação da Rede em seu Tempo de Vida nas Simulações do Cenário de Rede Plana

Realizando várias simulações, é possível visualizar a convergência dos erros e então melhorar a RSSF utilizada, aumentando o número de pontos de acesso e transmitindo somente o número necessário de mensagens, no intuito de diminuir o alto índice de erros antes de implementar em um ambiente real. As consequências do alto número de erros podem ser ruins em um ambiente real, onde uma mensagem não entregue pode causar sofrimento ao idoso. Notou-se que o erro mais frequente acontece nos nós comuns e são do tipo colisão de pacote. Também foi notado que eles ocorrem, na maior parte das vezes, durante o envio de mensagens.

Como citado anteriormente, sabe-se que a energia é um recurso crítico em RSSFs. A taxa de consumo de energia refere-se à sua potência. Se a potência não é gerenciada eficientemente, o tempo de vida do suprimento de energia, como baterias, será reduzido e a rede terá sua longevidade afetada. Assim, é possível notar o quanto de energia será gasto por simulação em cada nó e ponto de acesso.

5.3.2. Cenário de Simulação de Redes Hierárquicas

O cenário de simulação é a planta de uma casa cuja divisão de cômodos é considerada para a criação de várias sub-redes que formam a rede geral da casa, considerando a economia de energia, levando em consideração que os cenários não precisam estar ativos todos ao mesmo tempo, na Figura 24 tem-se a divisão do cenário completo em cenários menores representando, cada um, uma sub-rede. Além da economia de energia, a perda de sinal através das paredes é um ponto em que foi considerado para a divisão de cenários. Enquanto um cômodo está vazio, como por exemplo a cozinha durante a noite, o cenário pode ser ativado para sensoriar apenas uma vez por hora, ao invés de sensoriar a cada dez segundos nos momentos em que o idoso está na cozinha. Esta simulação ocorre separadamente para os cômodos que são ativados somente na presença do indivíduo ou a cada período de tempo fixo.

A simulação da rede com estrutura hierárquica foi realizada por partes, onde cada cenário apresentado na Figura 24 representa uma sub-rede que pode apresentar a estrutura mostrada na Figura 25 para o tráfego dos dados, onde cada nó sensor pode se comunicar com qualquer outro da sub-rede a qual pertence e também com os respectivos pontos de acesso e estes são responsáveis pela comunicação da sub-rede com a estação. Na seção 4.1 foi apresentado o conceito de *borderer its*, que são os nós

vizinhos à sub-rede, mas que não participam da mesma. Podem ser verificados como exemplo, os *borderer its* referentes ao Cenário 7 realçados na Figura 25.

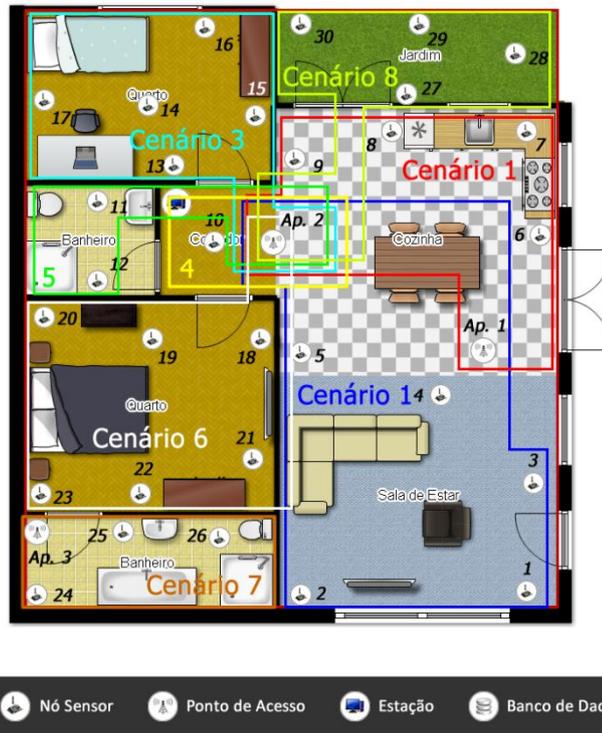


Figura 24 - Divisão dos Cenários no Ambiente para as Simulações Cenário de Rede Hierárquica de dimensões 5m x 6m

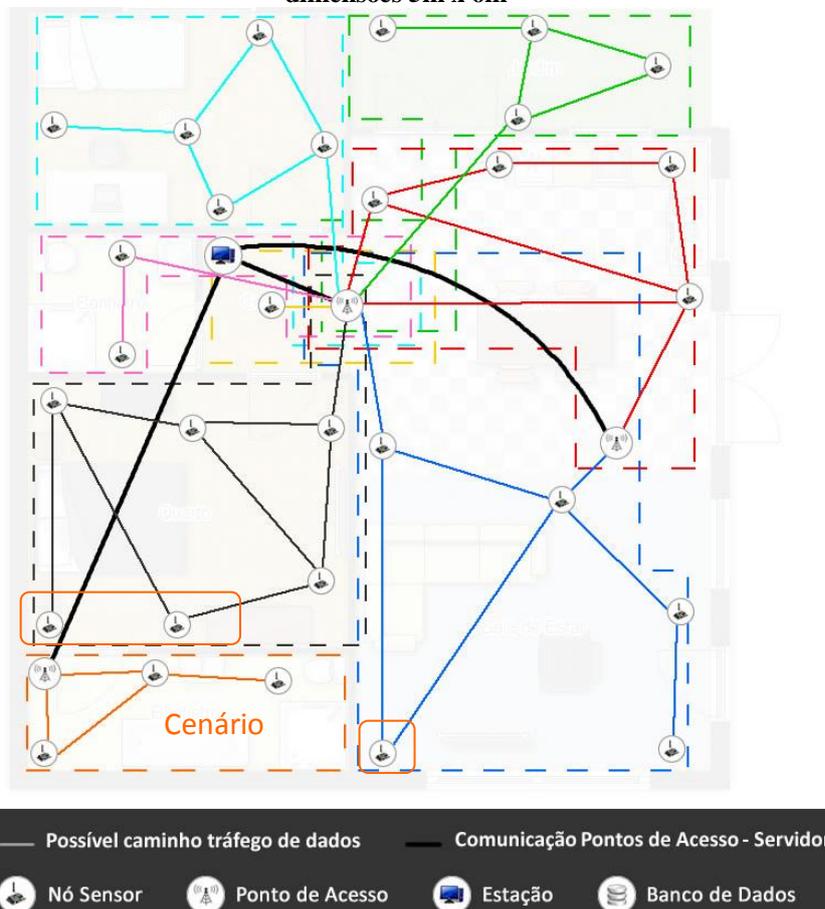


Figura 25 - Exemplo do Caminho do Tráfego de Dados da Rede Hierárquica Sem Fio

Nível de Energia Consumida nos Nós Comuns no Cenário das Redes Hierárquicas

Durante a operação das 33 simulações das 8 sub-redes representadas pelos cômodos da casa, verificou-se que o nível de energia remanescente de nós sensores variou 23,678 a 26,726 joules e a média foi de 24,9705 joules. Como a quantidade inicial eram 30 joules, o consumo médio de operação de rede em sua vida foi de 5,03 joules. A Tabela 6 ilustra a variação da energia entre as sub-redes.

Tabela 6 - Variação da Energia dos Nós Comuns nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Cômodo	Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo
Sala de Estar	23,88022	24,66144833	24,80216
Cozinha	24,03379	24,14460376	24,16757
Quarto Simples	24,02327	24,14263927	24,1656
Corredor	26,70565	26,71541394	26,72586
Banheiro Simples	25,10067	25,97537848	26,08413
Quarto Suíte	24,00519	24,17593071	24,20208
Banheiro Suíte	23,67754	25,24884283	25,44331
Jardim	23,87592	24,69945992	24,79756
Total Geral:	23,67754	24,97046466	26,72586

Nível de Energia Consumida nos Pontos de Acesso no Cenário das Redes Hierárquicas

Durante a operação das 33 simulações das 8 sub-redes representadas pelos cômodos da casa, verificou-se que a energia média restante dos pontos de acesso variou 33,238 a 86,604 joules e a média foi de 58,0769 joules. Tendo iniciado com 100 joules, o consumo médio de operação de rede em sua vida foi de 41,923 joules. A Tabela 7 ilustra a variação da energia entre as sub-redes.

Tabela 7 - Nível de energia restante dos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Cômodo	Valor Médio
Sala de Estar	71,95810485
Cozinha	66,49717
Quarto Simples	33,27197606
Corredor	86,60382909
Banheiro Simples	71,5949603
Quarto Suíte	33,23829364
Banheiro Suíte	56,61110545
Jardim	44,83938879
Média Geral:	58,07685352

Número de Erros Encontrado por Cômodos no Cenário das Redes Hierárquicas

Em 33 de simulações das 8 sub-redes representadas pelos cômodos da casa, verificou-se que o número de erros variou de 0 erro, no corredor, para 1.237.689 erros, no conjunto, que representa 47% do total de erros, também se observou que a cozinha e o quarto têm uma série de erros simples, bem semelhante, mas a cozinha tem dois pontos de acesso, enquanto o quarto tem apenas um único ponto. Finalmente, 2.653.253 erros foram encontrados na execução das simulações. A Tabela 8 e o gráfico mostrado na Figura 26 ilustram a variação da energia entre as sub-redes.

Tabela 8 - Quantidade de Erros Encontrados por Cômodo nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Cômodo	Quantidade de Erros
Sala de Estar	60749
Cozinha	634645
Quarto Simples	649764
Corredor	0
Banheiro Simples	389
Quarto Suíte	1237689
Banheiro Suíte	13362
Jardim	56655
Total Geral	2653253

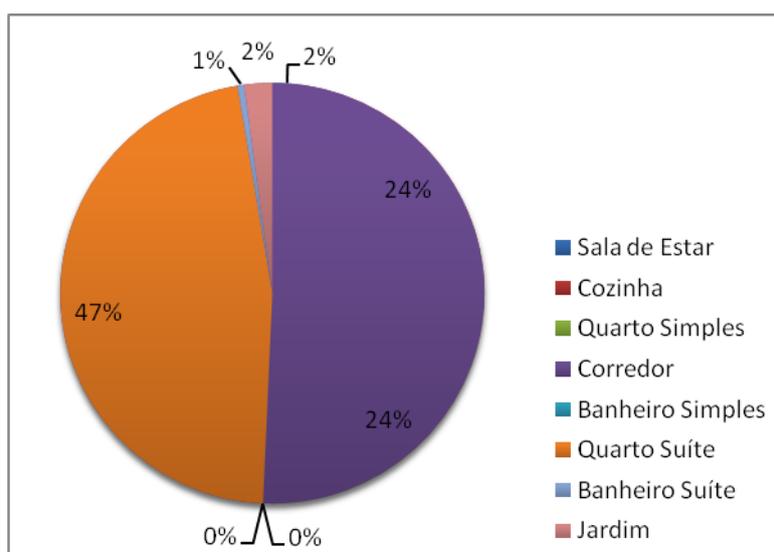


Figura 26 - Quantidade de Erros por Cômodo nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Número de Erros Encontrado por Componentes no Cenário das Redes Hierárquicas

Nos experimentos, verificou-se que a maior parte dos erros introduzidos pela rede são gerados por pontos de acesso (64% - 1.692.079 erros), os outros erros (36% - 961174 erros) são gerados por nós comuns.

A única sub-rede em que os erros dos nós comuns são maiores do que os erros dos pontos de acesso é a sub-rede referente à suíte, a quantidade de erros dos pontos de acesso são maiores, como a cozinha, onde a diferença entre os erros dos pontos de acesso para os nós comuns são 395.617 erros. A Tabela 9 e os gráficos mostrados na Figura 27 mostram esta divisão.

Tabela 9 - Quantidade de Erros Encontrados nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Cômodo	Nós Comuns	Pontos de Acesso
Sala de Estar	18068	42681
Cozinha	119514	515131
Quarto Simples	135635	514129
Corredor	0	0
Banheiro Simples	368	21
Quarto Suíte	672130	565559
Banheiro Suíte	4022	9340
Jardim	11437	45218
Total:	961174	1692079

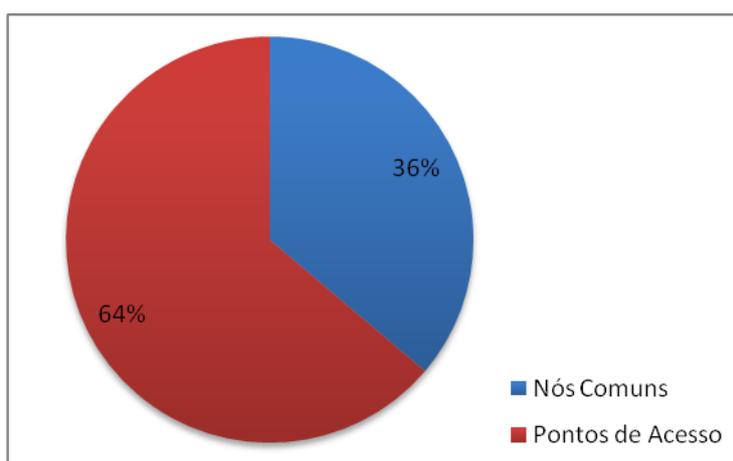


Figura 27 - Divisão dos Erros por Componente nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Tipo de Erros Encontrados em Nós Comuns no Cenário das Redes Hierárquicas

Nos experimentos, descobriu-se que os nós comuns compartilham 93% dos erros (891.047) que não tem a sua causa listada no arquivo de rastreamento de simulação, os erros remanescentes são em sua maioria erros de colisão de pacotes (COL - 6%) e erros causados por excesso de pacotes na interface de fila (IFQ - 1%).

A Tabela 10 apresenta a distribuição dos tipos de erros encontrados nos nós comuns e sua quantidade total. A quantidade de erros encontrados em cada cômodo e a divisão por componentes é mostrada na

Tabela 11 detalhadamente.

Tabela 10 – Tipos de Erros Encontrados nos nós comuns nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Tipo de Erro	Quantidade de Erros
Não Informado	891047
ARP	11
CBK	92
COL	63077
IFQ	6763
RET	184
Total:	961174

Tabela 11 - Tipos de erros por cômodo encontrado nos nós comuns nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Cômodo	Tipo de Erro	Quantidade de Erros
Sala de Estar	Não Informado	11615
	COL	5740
	IFQ	713
Cozinha	Não Informado	106641
	CBK	11
	COL	12356
	IFQ	484
	RET	22
Quarto Simples	Não Informado	120563
	CBK	30
	COL	14502
	IFQ	480
	RET	60
Banheiro Simples	ARP	3
	COL	11
	IFQ	354
Quarto Suíte	Não Informado	642066
	ARP	3
	CBK	51
	COL	25889
	IFQ	4019
	RET	102

Banheiro Suíte	Não Informado	2897
	ARP	2
	COL	648
	IFQ	475
Jardim	Não Informado	7265
	ARP	3
	COL	3931
	IFQ	238

Tipo de Erros Encontrados em Pontos de Acesso no Cenário das Redes Hierárquicas

Nas simulações, verificou-se que no ponto de acesso quase 100% dos erros apresentados (1.692.069) são erros de colisão de pacotes, enquanto apenas 10 erros são causados por pacotes ARP (*Address Resolution Protocol*) excessivas.

A Tabela 12 e a Tabela 13 mostram a distribuição dos tipos de erros na quantidade total e mostram a distribuição de tipos de erros encontrados em pontos de acesso e a sua divisão em cômodos da residência.

Tabela 12 – Tipos de Erros Encontrados Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Tipo de Erro	Quantidade de Erros
ARP	10
COL	1692069
Total:	1692079

Tabela 13 - Quantidade de Erros por Cômodo e por Tipo nos Pontos de Acesso nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Cômodo	Tipo de Erro	Quantidade de Erro
Sala de Estar	ARP	1
	COL	42680
Cozinha	COL	515131
Quarto Simples	COL	514129
Banheiro Simples	ARP	3
	COL	18
Quarto Suíte	ARP	2
	COL	565557
Banheiro Suíte	ARP	2
	COL	9338
Jardim	ARP	2
	COL	45216

Divisão dos Eventos das Simulações no Cenário das Redes Hierárquicas

Durante a operação de 33 simulações foram verificados 179380550 eventos que são divididas em transmissão de informações (50%), de recepção (49%), e a ocorrência de erro (1%) e no encaminhamento de mensagens. Abaixo, Tabela 14 e gráfico encontrado na Figura 28 mostram a distribuição de eventos.

Tabela 14 - Divisão dos Eventos das Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Tipo de Evento	Média	Total
Erro	80401,61	2653253
Encaminhamento	18563,33	612590
Recebimento	2635787	86980980
Envio	2701022	89133727
Total Geral:		179380550

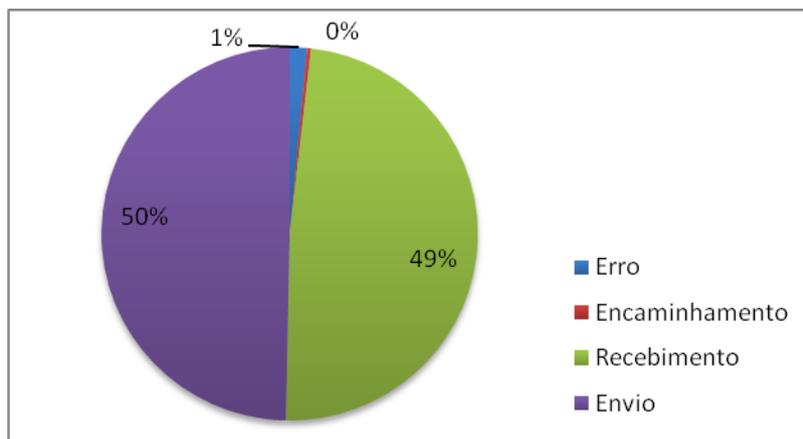


Figura 28 - Divisão dos eventos nas Simulações do Cenário de Rede Hierárquica

Operação da Rede em seu Tempo de Vida no Cenário das Redes Hierárquicas

Analisando o comportamento da rede durante a sua vida, verificou-se que em um segundo a rede tem o menor nível de posts (2.556 posts), mas em poucos segundos a quantidade de mensagens que chegam quase duplica a cerca de 4.500 mensagens por segundo.

Esta tendência tende a permanecer estável até 149 segundos, que marca o fim da execução da simulação. A Figura 29 ilustra o funcionamento da rede durante a sua vida útil.

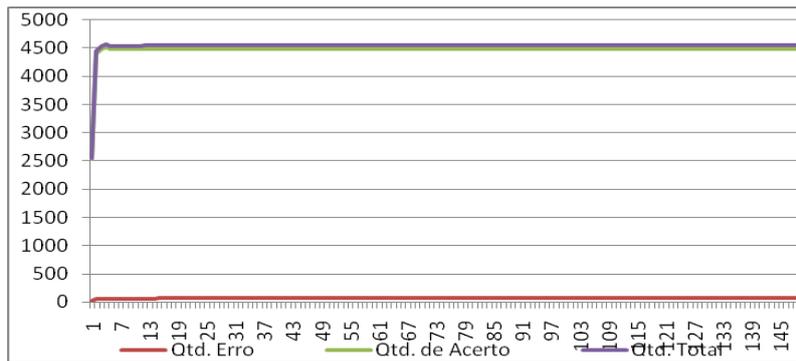


Figura 29 - Funcionamento da rede em seu tempo de vida

5.3.3. Comparando Redes Planas e Hierárquicas

Alguns itens serão levados em consideração quanto as redes planas e hierárquicas simuladas.

Comparação da Quantidade de Energia Consumida entre as Redes Plana e Hierárquica

Quantidade de Energia em Nós Comuns entre as Redes Plana e Hierárquica

Em ambos os ambientes foram feitas 33 simulações e, a partir destas, foram tomadas as médias de energia restante nos nós sendo: 24,40743 joules para a rede plana, e 24,9705 para a rede hierárquica. Assim, pode-se notar que o ambiente hierárquico gastou menos energia visto que a média de consumo nas simulações durante o tempo de vida da rede foi de 5,03 joules enquanto a casa que foi considerada ambiente plano gastou 5,596 joules em seu tempo de vida.

Quantidade de Energia em Pontos de Acesso entre as Redes Plana e Hierárquica

Diferentemente dos nós comuns, a média de consumo durante o tempo de vida da rede foi de 41,923 joules na simulação hierárquica, enquanto na simulação da planta da casa plana foi de apenas 39,2152 joules. Na simulação da rede hierárquica pôde-se notar que o consumo de energia nos pontos de acesso depende da quantidade de nós comuns que se comunicam com o mesmo. No ponto de acesso do banheiro de solteiro, por exemplo, que era responsável pela comunicação de poucos nós comuns, sobrou uma média de 71.5949603 joules, enquanto no ponto de acesso do quarto de solteiro sobrou apenas 33.27197606.

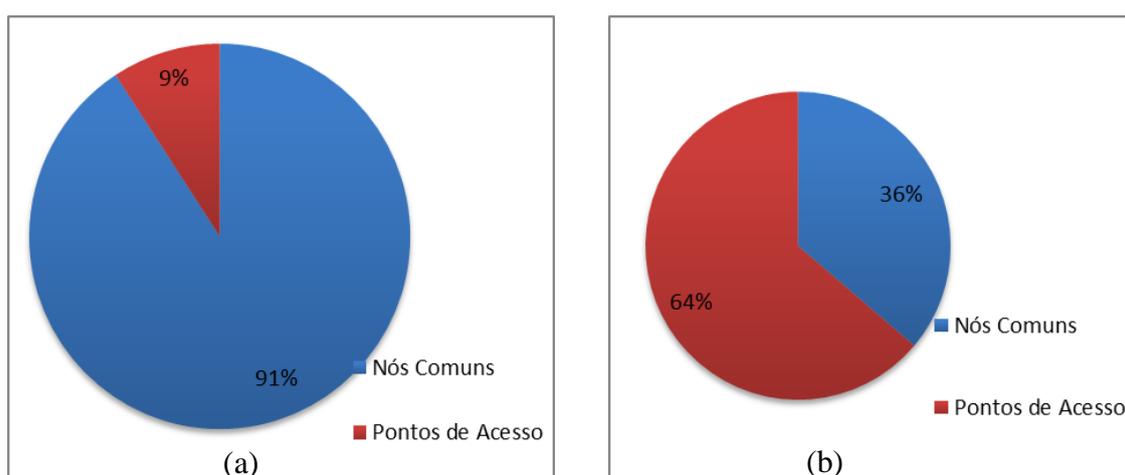
Comparação do Número de Erros Encontrados entre as Redes Plana e Hierárquica

Na simulação por cômodos, foi possível separar o número de erros como segue na Tabela 15.

Nesta tabela é possível notar a diferença da quantidade de erros conforme a quantidade de nós no cômodo. A média de erros em nós comuns na simulação sem divisões de cômodos é de 407.556,606 erros, o que representa menos da metade dos erros em nós comuns na simulação que é de 961.174 erros. Enquanto nos pontos de acesso os erros da simulação sem divisões é de 41.326,667 erros, trata-se de um valor muito menor que 1.692.079 como se tem na tabela acima que é a média de erro de pontos de acesso nas 33 simulações do tipo rede hierárquica. Nos gráficos (ver Figura 30 (a) e (b)) nota-se a diferença de distribuição dos erros nas duas simulações.

Tabela 15 - Comparando o número de erros em nós comuns e pontos de acesso

Cômodo	Nós Comuns	Pontos de Acesso
Sala de Estar	18.068	42.681
Cozinha	119.514	515.131
Quarto Simples	135635	514.129
Corredor	0	0
Banheiro Simples	368	21
Quarto Suíte	672.130	565.559
Banheiro Suíte	4.022	9.340
Jardim	11.437	45.218
Total:	961.174	1.692.079



**Figura 30 - (a) Divisão dos erros na simulação de rede plana.
(b) Divisão dos erros na simulação de rede hierárquica.**

Comparação da Divisão dos Eventos da Simulação entre as Redes Plana e Hierárquica

Agora tendo em vista esses gráficos (Figura 31 (a) e (b)) e a Tabela 16 e a Tabela 17 chegou-se à conclusão clara de que a quantidade de erros apenas não é o mais importante. É necessário compará-la a quantidade de eventos, e visto que na simulação de rede hierárquica tem muitos mais eventos que a quantidade de erros, assim, mesmo que a quantidade efetiva de erros seja maior, eles ainda representam apenas aproximadamente apenas 1% dos eventos que ocorrem. Enquanto na simulação da rede plana os erros são aproximadamente 18% dos eventos que acontecem. Sabemos então que a menor ocorrência de erros proporcionalmente acontece na simulação da rede hierárquica, assim esta abordagem é melhor, e deve pensar-se em como aplicá-la a um ambiente real através de sensores e da ideia proposta nela de que os sensores sejam acionados apenas quando o idoso se encontrar no ambiente e em períodos maiores, como, por exemplo, sensoriar o ambiente a cada hora ao invés de a cada 10 segundos.

Tabela 16- Simulação planta separada por cômodos

Tipo de Evento	Média	Total
Erro	80.401,61	2.653.253
Encaminhamento	18.563,33	612.590
Recebimento	2.635.787	86.980.980
Envio	2.701.022	89.133.727
Total Geral:		179.380.550

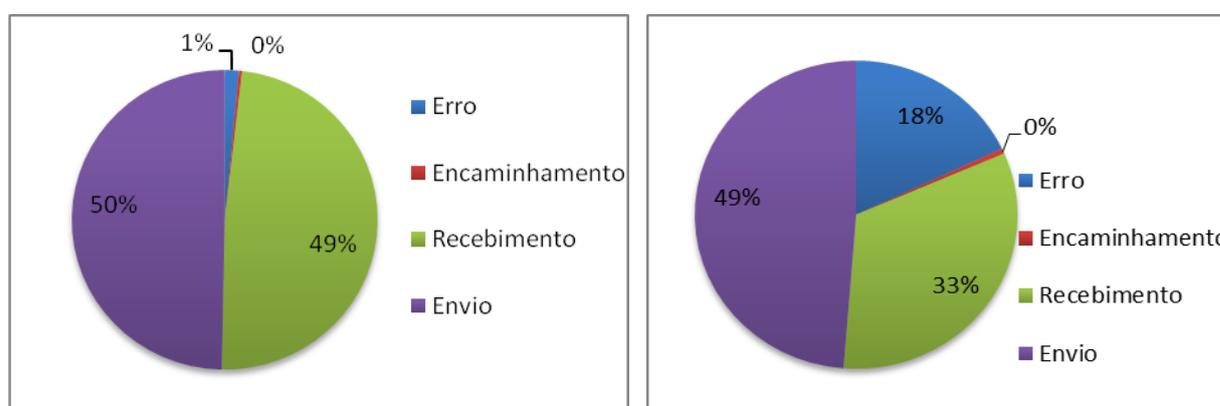


Figura 31 – (a) Simulação planta separada por cômodos. (b) Simulação da planta toda junta

Tabela 17- Simulação planta desconsiderando as paredes

Tipo de Evento	Média	Total
Erro	448.883,273	14.813.148
Encaminhamento	13.596,636	448.689
Recebimento	817.909,303	26.991.007
Envio	1.217.517,697	40.178.084
Total Geral:		82.430.928

Funcionamento da Rede em seu Tempo de Vida entre as Redes Plana e Hierárquica

Simulação da Rede Hierárquica

Analisando o comportamento da rede durante o seu tempo de vida, foi constatado que no primeiro segundo a rede tem o seu menor nível de mensagens enviadas (2.556 mensagens), porém nos segundos seguintes a quantidade de mensagens praticamente dobra chegando a cerca de 4.500 mensagens por segundo. Essa tendência tende a se manter estável, até o segundo 149, que marca o fim da execução da simulação.

Simulação da Rede Plana

Analisando o comportamento da rede durante o seu tempo de vida, foi constatado que no primeiro segundo a rede tem um pico na quantidade de mensagens enviadas (33.912 mensagens), porém nos segundos seguintes a quantidade de mensagens cai drasticamente, sendo que no segundo 4 ela já está em 16.384 mensagens. Essa tendência tende a se manter estável, até o segundo 149, que marca o fim da execução da simulação.

Essa diferença no funcionamento da rede ocorre devido à quantidade de nós simulados, a cada instante. Como na rede separada por cômodo são simulados cômodos a cômodo e poucos nós precisam ser reconhecidos no primeiro segundo do tempo de vida, não se torna necessária à troca de grande número de mensagens. Diferente da simulação do ambiente como um todo que são mais nós que precisam se reconhecer e avisar que estão na rede, gerando o pico de mensagens no primeiro segundo da simulação.

Considerações Finais a Respeito dos Resultados Obtidos a partir da Simulação de Redes Hierárquicas

Os pontos de acesso têm grande variação no consumo de energia, porque quanto mais relacionado com o ponto de acesso, a maioria das mensagens chega e é enviada de volta

e, portanto, mais energia é desperdiçada. Notamos que o ideal para a vida útil da rede é a mesma em todos os cômodos. É necessário considerar a realocação de sensores em pontos de acesso de acordo com a média de uso de cada quarto. Por exemplo, pensar que os idosos tendem a passar mais horas no quarto do que no banheiro, o quarto tende a permanecer ativo por mais tempo, para que os pontos de acesso preparados para uma vida mais longa deve ser instalado lá.

Considerando muitos dos acidentes que envolvem idosos ocorre no banheiro e na cozinha, estes ambientes devem estar bem preparados. Como a quantidade de erro é menor quando há menos nós por ponto de acesso, realmente é necessário um ponto de acesso reservado a poucos nós sensores.

Tendo em mente a importância da simulação, decidiu-se desenvolver esta simulação pensando que seria inviável realizar esses testes em uma situação real, uma vez que envolve idosos e uma falha poderia até causar sua morte. Após o desenvolvimento, como os resultados não têm sido sempre positivo, encontra-se que a simulação foi muito importante, uma vez que não expõe ninguém a riscos indevidos e não existe o custo de compra de nós sensores.

5.4. Aplicando o Follow-Ups nos Artefatos

Utilizando-se dos conceitos de *Internet of Things* sobre os artefatos da casa (como, como geladeira, fogão, micro-ondas, portas, janelas, luzes, mesas, entre outros), estes artefatos são os *Smart Its* (ver seção 4.1). Para o desenvolvimento das simulações foi desenvolvida uma planta de uma casa modelo. Os artefatos desta casa possuem sensores e formam uma rede sem fio de artefatos que é utilizada para auxiliar no cuidado da saúde do habitante. Esta seção apresenta simulações e protótipos desenvolvidos com base nesta planta e nos artefatos inseridos no cenário.

A percepção de artefatos é o serviço de coleta de dados realizado em objetos do mundo real e cuja leitura não está relacionada com valores coletados diretamente mas associados com outros dados para se definir o valor real. O fluxo identificado com o número 1 da Figura 8 (ver seção 4.1) ilustra essa possibilidade de entrada de dados, sem a necessidade da atenção do usuário voltada a estes dados.

Esta seção apresenta primeiramente o cenário de aplicação proposto com sua descrição, então resultados e discussões, frutos das simulações e análises dos dados, e por fim as conclusões finais.

Cenário de Simulação da Rede de Artefatos

O software utilizado para simular o cenário proposto foi o MannaSim que é um ambiente de simulação de Redes de Sensores Sem Fio composto por duas soluções: o Framework MannaSim e o Script Generator Tool (SGT). O SGT é um front-end independente de plataforma, desenvolvido em Java, integrado ao Framework MannaSim para geração de código TCL que fornece precisão e facilidade no desenvolvimento de cenários de simulação além de um conjunto abrangente de protocolos e algoritmos.

O Framework MannaSim é um módulo para simulação de RSSF baseado no Network Simulator (NS-2). O MannaSim introduz ao NS-2 novos módulos para design, desenvolvimento e análise de diferentes aplicações RSSF. A versão do NS-2 utilizada pelo MannaSim é a versão 2.29.

O cenário escolhido para realizar a simulação foi uma casa desenhada para abrigar um idoso morando sozinho, pois se considerou o envelhecimento da população mundial como um fator crucial, uma vez que idosos inspiram cuidados constantes. Para realizar a simulação, foram determinadas as dimensões da casa e a localização de cada artefato.



Figura 32 - Planta da casa de uma Rede de Artefatos

Os artefatos da casa proposta, utilizando o conceito de *Internet of Things*, formam uma rede que foi denominada Rede de Artefatos Sem Fio. Essa rede serve para a comunicação dos artefatos entre si. Os artefatos que fazem parte da rede simulada

possuem configurações diferentes tanto quanto ao intervalo de tempo em que eles se manifestam na rede quanto ao tipo de mensagem eles enviam. Os artefatos considerados para a simulação são: geladeira, televisão, ar condicionado da sala, ar condicionado do quarto, máquina de lavar louça, forno micro-ondas, fogão, cafeteira, máquina de lavar roupa, ferro de passar roupa, telefone cozinha, abajur do quarto, telefone do quarto, chuveiro, privada, lâmpada do banheiro, lâmpada da sala, lâmpada da cozinha 1, lâmpada da cozinha 2, lâmpada do quarto, porta da sala, porta do banheiro, porta do quarto, janela da sala, janela do banheiro, janela do quarto, janela da área de serviço.

Cada artefato tem o seu tempo de disseminação das mensagens configuradas adequadamente de acordo com a necessidade prevista ao se modelar a casa. Outra característica importante de se ressaltar é o fato de que cada artefato executa uma função diferente na rede, por exemplo, a televisão pode apresentar mensagens enviadas pela geladeira quando algum produto estiver em falta, o ferro de passar roupa pode emitir uma mensagem, quando deixado ligado sem uso, que pode ser apresentada em qualquer dos outros artefatos da rede, visor do micro-ondas, visor da geladeira, televisão, fazer piscar as luzes, etc. A exibição de alertas pré-programados, como horário de remédios, por exemplo, é outra funcionalidade que pode ser explorada na rede, onde os artefatos podem se comunicar para decidirem como apresentar o alerta.

Detalhes da Simulação da Rede de Artefatos

Os critérios para avaliar a simulação são a energia gasta e os erros como em (Ghizoni, 2012),(Cherkaoui, 2011). Foi desenhada a planta de uma casa, para representar uma casa com apenas um morador idoso. O morador está sendo monitorado em sua vida cotidiana. A Figura 32 mostra a divisão da simulação em 26 artefatos, que podem ser vistos na Tabela 18.

Tabela 18- Artefatos e seus intervalos de disseminação

Artefato	Intervalo de disseminação
Abajur do quarto	5
Ar Condicionado Quarto	10
Ar Condicionado Sala	10
Cafeteira	30
Chuveiro	5
Ferro de Passar Roupa	15
Fogão	10
Geladeira	60
Janela da Área de Serviço	15
Janela da sala	15
Janela do Banheiro	15
Janela do quarto	15

Lâmpada Cozinha 1	8
Lâmpada cozinha 2	8
Lâmpada da Sala	8
Lâmpada do quarto	8
Máquina de Lavar Louça	60
Máquina de Lavar Roupa	30
Micro ondas	30
Porta da sala	5
Porta do banheiro	5
Porta do quarto	5
Telefone Cozinha	50
Telefone do quarto	50
Televisão	20
Vaso Sanitário	5

A simulação de uma casa inteligente de (Park, 2007) retorna os dados que são armazenados em XML. A simulação do Follow-Ups retorna um arquivo que é armazenado numa base de dados MySQL, de modo a facilitar a análise dos dados. No entanto, ambos os artefatos de simulação de casa inteligente e sua casa inteligente simulação foram desenvolvidos com base na estrutura de evento e mensagem.

Após a modelagem do ambiente conforme proposto, a simulação foi executada trinta e três vezes para que exista a convergência dos dados, conforme é dito em (Zeigler, 2000), (Jeruchim, 2000), (Banks, 2009). Os dados obtidos com as simulações foram armazenados no banco de dados MySQL para posterior análise dos resultados como a divisão dos eventos, os erros apresentados pelos nós comuns e os erros apresentados pelos pontos de acesso.

O gráfico da Figura 33 mostra a divisão dos eventos resultante das simulações executadas. Observa-se que a quantidade de mensagens enviadas possui um valor discrepante se comparado à quantidade de mensagens recebidas. Pode notar que a situação ideal seria a que a quantidade de mensagens enviadas fosse igual a quantidade de mensagens recebidas, aproximando a quantidade de erros a 0.

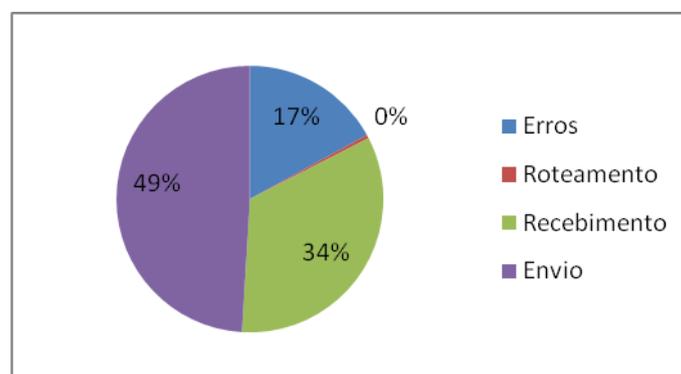


Figura 33 - Eventos da Simulação

Devido ao alto índice de erros, torna-se essencial analisá-los para que seja possível identificá-los e agir de acordo para reduzi-los ou até eliminá-los e assim ter mais segurança para aplicar a solução proposta em um ambiente real. Os erros encontrados foram classificados em erros ocorridos em nós comuns e erros ocorridos em pontos de acesso.

A maior parte dos erros encontrados nos nós comuns foi de erros de colisão, seguido imediatamente por erros de IFQ. Os outros tipos de erros ocorreram uma quantidade desprezível se relacionados aos tipos citados.

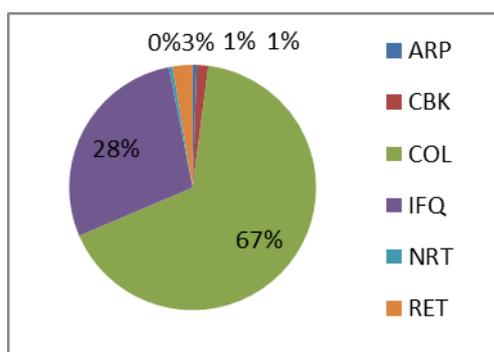


Figura 34- Erros nos nós comuns

Já nos pontos de acesso, como a quantidade de erros de colisão foi consideravelmente maior do que a quantidade de qualquer outro tipo de erro, todos os outros tipos de erro encontrados acabam tornando-se irrelevantes.

Considerações Finais sobre a Rede de Artefatos

O poder de processamento dos dispositivos e suas capacidades de armazenamento estão aumentando com o avanço da tecnologia e a tendência é o desenvolvimento de dispositivos cada vez menores. Isso traz a *Internet of Things* cada vez mais próxima e mais real. Foram desenvolvidos testes em simuladores enquanto buscava-se uma rede de artefatos que se comportasse de forma ideal para ser aplicada a um ambiente real.

Dentre diversas tecnologias emergentes, *Internet of Things*, é um novo paradigma que oferece tanto desafios quanto oportunidades. Novos tipos de sensores aumentam habilidades de percepção, detectando informações que humanos não conseguem detectar. Fazem isso a qualquer momento e em qualquer lugar (Chen, 2012).

Realizar a simulação antes de implantar a rede em um ambiente real é de suma importância quanto à segurança do idoso habitante da casa, uma vez que uma falha no sistema poderia causar sérios danos à sua saúde. Dessa forma, a simulação traz uma boa

bagagem no sentido de identificar os pontos frágeis da rede e melhorá-los para garantir a segurança do indivíduo.

Após a realização das simulações, percebeu-se que a rede hierárquica possui, proporcionalmente, uma quantidade menor de erros do que a rede plana. Assim, futuramente a rede a ser implantada em uma casa real que apresente as mesmas condições da simulação será a rede hierárquica. A quantidade de erros não pode ser menosprezada pois é muito importante para garantir o funcionamento adequado à rede. Uma vez que os erros mais frequentes são os de colisão de pacotes, mensagens podem não alcançar seus destinos podendo causar sérios danos ao morador caso o socorro emergencial não chegue.

Protótipos usando o Follow-Us

Para provar os conceitos apresentados na plataforma Follow-Us proposta foram desenvolvidos protótipos que utilizam sensores de tipos diferentes, o primeiro para detecção de situações de risco, mais especificamente queda de idosos, utilizou-se acelerômetros e um *smartphone* com Android, enquanto os protótipos vestíveis utilizam Arduino com sensores de Monóxido de Carbono e de Álcool.

Estes protótipos são prova de parte desta arquitetura uma vez que podem ser utilizados na mesma. A detecção de queda possui os serviços de percepção, interpretação e atuação todos embutidos no próprio nó sensor utilizado, o MicaZ. Assim como os protótipos vestíveis que percebem algo por meio dos sensores, interpretam utilizando o código desenvolvido e adicionado ao Arduino LilyPad e por fim atuam por meio de LEDs informando os dados que coletaram.

6.1. Detecção de Situações de Risco

Dentre as possíveis detecções de situações de risco optou-se por analisar a queda de idosos uma vez que os acidentes em casa com queda acabam, na maioria das vezes, por serem muito graves para aqueles que moram sozinhos por não conseguirem pedir socorro após a queda.

Para o desenvolvimento dos protótipos foram utilizados acelerômetros, contidos no nó MicaZ, para definir postura, movimento, padrão de marcha e alguns gestos. Um acelerômetro é um dispositivo que possui a capacidade de medir a força que gera aceleração em um objeto, sendo essa força de origem estática ou dinâmica. A força

estática que implica em aceleração é a força da gravidade, enquanto a dinâmica é causada por movimentação ou vibração do próprio objeto.

Como trabalho relacionado a este, que aplica computação vestível à vida assistida, tem-se um framework chamado *WeCare*, por (Alemдар, 2010), que utiliza acelerômetros aliados a câmeras de vídeo para detectar quedas de pessoas idosas, uma vez que o maior risco à saúde e à vida independente de um idoso é quando o socorro, depois de uma queda, demora a chegar. O *WeCare* associa acelerômetros a câmeras de vídeo pois o uso somente do acelerômetro pode apresentar muitos falsos positivos, como indicar que a pessoa caiu quando a mesma apenas sentou bruscamente. Utilizar apenas câmera de vídeo se tornaria uma enorme invasão de privacidade. Dessa forma, associa-se as duas abordagens, sendo cada uma ativada em caso de emergência.

Este trabalho foi desenvolvido por integrantes do grupo Manna (Araujo, 2011) para prover um sistema automatizado em uma residência para monitorar uma pessoa idosa e prevenir que esta fique sem socorro no caso de uma possível queda. O objetivo é proporcionar um aumento na qualidade de vida de idosos que vivem sozinhos para que seja possível um atendimento médico mais rápido, aumentando consideravelmente a probabilidade de um socorro bem sucedido.

O protótipo desenvolvido conta com nós sensores dotados de acelerômetros e um sensor visual para que a queda do indivíduo possa ser identificada de forma colaborativa entre os sensores envolvidos.

O protótipo foi desenvolvido e testado em laboratório utilizando dois nós sensores MicaZ's acoplados cada um a uma placa sensor MTS300 e ligados ao corpo de uma pessoa (na altura dos ombros e da cintura), medem a reação corporal após a queda. Também foi utilizado uma placa Mib510 com um nó sensor MicaZ para servir de base ligada ao computador. Por fim, uma CMUCam2 ligada a um computador foi utilizada como sensor visual. Em uma primeira camada de sensoriamento, apenas um dos acelerômetros fica ligado, para economizar energia, monitorando a inclinação do objeto de estudo. Quando esta camada detecta uma inclinação que possa ser caracterizada como queda, envia um sinal via rádio para o outro nó MicaZ ligado à placa MTS300, que o desperta e o deixa monitorando apenas enquanto o primeiro sensor envia sinal de queda via rádio. Essa segunda camada então monitora a inclinação do objeto de estudo e quando detecta uma inclinação que caracterize uma queda envia então um sinal para a base ligada ao computador. Um aplicativo recebe o sinal vindo da base por meio de uma

porta serial virtual e toda vez que recebe a mensagem de queda da segunda camada ativa a CMUCam2 ligada ao computador, que tira uma foto e envia para o computador via porta serial. O aplicativo monta a imagem, salva em disco para estudos posteriores e a exibe em tela.

O sistema identificou com sucesso, e com um atraso mínimo as quedas do objeto monitorado (um boneco utilizado para a simulação) através do sensoriamento realizado pelos acelerômetros. Logo após a detecção das quedas houve um atraso significativo na transmissão dos dados coletados pela câmera para o servidor, em média sete segundos para a imagem de baixa resolução e doze segundos para a imagem de alta resolução, em decorrência da porta de comunicação utilizada entre a câmera e o computador ser a porta serial.

Com o sucesso obtido nos testes deste experimento, pôde-se verificar que é possível monitorar uma pessoa em ambiente domiciliar, agilizando o processo de atendimento emergencial. Apesar da tecnologia utilizada não ser a ideal, devido ao fato de que a precisão dos acelerômetros, a resolução e a velocidade de comunicação da câmera estarem abaixo das apresentadas em outras tecnologias atuais, já é possível desenvolver um protótipo que seja pequeno o bastante para que seja integrável com a computação vestível e suficientemente ágil e preciso para ser utilizado em conjunto com a domótica e a *Internet of Things*. Dessa forma, com o aprimoramento da capacidade de processamento e velocidade de comunicação do sensor de mídia utilizado será possível tornar o sistema totalmente autônomo e ubíquo.

Outro trabalho desenvolvido por integrantes do grupo Manna no contexto desta dissertação foi também realizando visando a monitoração de queda de pessoas idosas, neste utilizando-se das tecnologias atuais de *Smart Phones* mais especificamente na plataforma Android (Pasqualino, 2012). Para o desenvolvimento do protótipo de Pasqualino que serve como prova de conceito da arquitetura proposta, foi utilizado um celular inteligente conhecido comercialmente como Samsung Galaxy 5, e nomeado tecnicamente de Samsung GT-I5500B. Esse dispositivo possui o sistema Android em sua versão 2.3.7. E para realizar a construção do software, foi utilizado o Android SDK API7 juntamente com o emulador de dispositivos *Android Virtual Device*. Para os testes no protótipo, inicialmente é realizada a Calibragem de sensibilidade do acelerômetro e, a partir desse ponto são realizadas: a Aquisição de Dados e a Detecção de quedas. Quando uma queda é detectada, um Alerta Pessoal é gerado, se o usuário responder esse

alerta (clicando na tela do *Smart Phones* no local indicado como “Está tudo bem!”) o sistema retorna ao estado anterior, caso contrário é gerado um Alerta ao responsável, que deverá verificar o que ocorreu com o usuário.

6.2. Computação Vestível⁵

Essa seção é sobre computação vestível utilizada como uma ferramenta para computação invisível e ubíqua. Atualmente existem diversas formas para possibilitar que o usuário fique com as mãos livres e consiga desenvolver outras atividades sem a necessidade de direcionar sua atenção à computação. A computação vestível (*wearable computing*) é o cenário onde vários conceitos da engenharia de computação invisível têm encontrado campo de aplicação. Dessa forma, a cada dia, a computação tem sido inserida no cotidiano sem que a maioria das pessoas tenha ciência disto, isto é, a computação tem se tornado cada vez mais invisível fazendo os usuários utilizarem mais de um processador, software de diferentes propósitos e mais de um tipo de conexão mesmo sem perceberem. Muitas pessoas já utilizam dois celulares, máquinas de lavar, micro-ondas, televisores, e sistemas de alarmes micro processados.

Micro e nano processadores podem ser introduzidos nas vestimentas de maneira tão imperceptível quanto às etiquetas das roupas. Este é o cenário da computação vestível e ao aplicar os seus conceitos no desenvolvimento de roupas que promovam cuidados com a saúde e bem estar das pessoas, obtém-se sistemas de vida assistida (*assisted living*). Esta seção lida com este desafio: utilizar os diferentes aspectos da engenharia de computação invisível e que possa ser adaptado a diferentes aplicações de vida assistida, assim como um sistema de computação vestível. Como prova de conceitos, foram desenvolvidos dois protótipos que incluíram projeto de hardware e software, quais sejam: uma camiseta de monitoração de monóxido de carbono a ser usada por praticantes de esportes ao ar livre e uma camiseta bafômetro a ser usada por jovens e entidades como ferramenta de auxílio ao trânsito seguro.

A computação vestível pode estar voltada a muitas subáreas, como monitoramento de pacientes, dispositivos de alarme para emergências, auxílio para pessoas com deficiências, entre outros.

O desenvolvimento de sistemas computacionais que habilitem pessoas a ter uma vida independente e que promovam o surgimento de ambientes inteligentes contribui

⁵ O conteúdo desta seção foi publicado em (Ghizoni, 2011).

para que a computação seja um agente de promoção da quebra de paradigmas sociais, econômicos, educacionais e culturais.

Assim, os dados físicos monitorados pelos equipamentos citados, chamados dados tangíveis, como hálito, temperatura, umidade ou pressão, são utilizados na tomada de decisão das chamadas aplicações assistidas. Outras informações como fome, frio ou raiva, conhecidas como dados intangíveis, podem ser adquiridas com algoritmos que utilizam tanto os dados tangíveis como informações adquiridas da Internet, como sites de relacionamentos em que o usuário explicita algum sentimento ou comportamento (Ghizoni, 2011).

Entretanto, aparelhos que não estão próximos o suficiente do corpo humano não são tão eficazes quanto a computação vestível, que possibilita a monitoração constante de pessoas, com a proposta de não ser intrusiva às mesmas.

Nesse contexto, a computação vestível passa a ser uma importante ferramenta, pois com ela é possível acoplar vários tipos de sensores em peças de roupa, de forma análoga ao que acontece com o uso atual das etiquetas têxteis.

No contexto de engenharia de computação invisível surge o desafio de como obter informações sobre o ambiente em que o usuário está inserido, sobre os sinais vitais e ainda o nível glicêmico e alcoólico no sangue sem que isso seja notado ou requeira atenção do usuário. A computação vestível pode ser uma solução para tal desafio, afinal, faz com que seja possível incorporar diversos tipos de sensores e até um componente emissor e receptor de dados para que as informações possam ser acessadas pela Internet, por exemplo.

Com o intuito de estudar essas possibilidades de aplicações ubíquas para que possam ser integradas a toda a sociedade, a computação vestível, diferentemente dos atuais aparelhos móveis, faz uso de sensores e componentes eletrônicos integrados nas roupas que interagem instantaneamente com o meio.

Como prova de conceitos, esta seção propôs o desenvolvimento de dois protótipos que incluam o projeto de hardware e software, quais sejam: uma camiseta de monitoração cardíaca e monitoração do índice de monóxido de carbono a ser usada por idosos em Academias da Terceira Idade (ATI) e/ou por praticantes de esportes ao ar livre e uma camiseta bafômetro a ser usada por jovens e entidades como ferramenta de auxílio ao trânsito seguro. O desenvolvimento do trabalho inclui desenvolvimento de

algoritmos, avaliação de hardware de apoio, experiências práticas, a experimentação extensiva, e lições aprendidas com a implantação de sistemas de protótipo real, bem como os ensaios em campo.

6.2.1. Plataforma de Hardware e Software

O Arduino⁶ foi adotado como plataforma de software e hardware que, por ser livre, pode ser utilizada em instalações artísticas, confecção de sistemas de computadores vestíveis ou em outros projetos que exijam dispositivos interativos. O Arduino é baseado em *inputs* e *outputs*. Os *inputs* podem ser implementados para funcionar tanto como sensores, capazes de coletar diferentes tipos de parâmetros, quanto como botões com apenas dois modos, liga e desliga. Os *outputs* podem ser implementados utilizando-se dispositivos atuadores, tais como diodos emissores de luz, dispositivos emissores de sons, acionadores de motores, dispositivos vibradores, etc.

O protótipos vestíveis usam a plataforma Arduino *LilyPad* (ver Figura 35). Esta plataforma Arduino chamada *LilyPad* foi projetada especificamente para a computação vestível, sendo lavável e com design apropriado para ser costurada a roupas. Além disso, seu controlador utiliza corrente elétrica adequada ao acoplamento ao corpo humano sem riscos de choques elétricos. A *LilyPad* foi desenvolvida por (Buechley, 2008) e *SparkFun Electronics* e pode ser programada pelo software Arduino (Arduino).

Para programar essa plataforma quatro passos são necessários: (i) escrita do código fonte em linguagem C, (ii) compilação do código fonte, (iii) inserção do programa na plataforma (*upload*), e (iv) execução na *LilyPad*.

A tensão exigida pela plataforma *LilyPad* está entre 2,7V e 5,5V e pode ser fornecida por baterias ou através do cabo USB ligado ao computador. Os componentes da *LilyPad* são o microcontrolador ATmega168V ou ATmega 328V, memória flash de 10KB (dois dos quais são usados pelo *bootloader*, um programa que controla a comunicação com o computador e que possibilita o *upload* de código), SRAM de 1KB, EEPROM de 512 bytes, velocidade de *clock* de 8MHz, 14 pinos digitais de entrada e saída e 6 pinos analógicos de entrada. A corrente contínua por pino (entrada/saída) é de 40mA e no caso do ATmega328 a comunicação é realizada utilizando o protocolo STK 500.

⁶<http://arduino.cc> – Site oficial do Arduino

Juntamente a essa plataforma, pode utilizar-se a Linha condutiva (ver Figura 35) que tem aspecto muito similar às linhas de costura tradicionais, com a diferença que conduz corrente elétrica. De forma distinta aos fios utilizados em circuitos tradicionais, a linha é flexível e pode ser costurada ou bordada em tecidos permitindo a criação de circuitos maleáveis e até macios. Essas linhas também podem ser utilizadas na composição têxtil de alguns tecidos. Existe a expectativa de que em poucos anos as linhas condutivas tenham características de nanotecnologia fazendo parte dos nanotecidos. A sua produção se dá a partir de elementos metálicos (geralmente aço inoxidável ou prata) com *nylon* ou poliéster como base de fibra, isto cria um caminho para o fluxo de corrente de uma extremidade à outra. Neste trabalho, foi utilizada a linha condutiva *Conductive Thread* - 117/17 2ply (DEV-08544)⁷.



Figura 35 - São mostrados na sequência: Arduino LilyPad, Linha Condutiva, Sensor MQ3

Além da *LilyPad* e da linha condutiva, outros artefatos podem ser usados para o desenvolvimento de computação vestível, como sensores, atuadores e dispositivos de comunicação *wireless* (*ZigBee* ou *Bluetooth*).

6.2.2. Protótipos Vestíveis

Além da *LilyPad* e da linha condutiva, outros artefatos foram utilizados no desenvolvimento dos protótipos da arquitetura do Follow-Us. Inicialmente, dois protótipos foram definidos considerando construir uma aplicação de vida assistida com objetivo de contribuir com os aspectos cotidianos, sociais e culturais do homem moderno, propiciando uma maior participação da computação no dia-a-dia dessas pessoas. O primeiro protótipo proposto foi projetado como uma camiseta bafômetro, considerando os aspectos de comportamento dos jovens e do índice de acidentes de trânsito envolvendo essa faixa etária. É fato que este protótipo pode ser customizado para outras aplicações e finalidades e que no escopo deste trabalho é usado como prova de conceitos. O segundo protótipo apresenta uma camiseta que monitora o índice de monóxido de carbono (CO).

⁷<http://www.sparkfun.com/products/8544>

Os protótipos escolhidos tiveram a idealização baseada em problemas vistos na sociedade, o protótipo da Camiseta Bafômetro, por exemplo, pode ser adotado por empresas para saber a condição de seus empregados ao trabalharem; a Camiseta que verifica a presença de monóxido de carbono (CO) no ar foi idealizada considerando que o CO é um gás tóxico, inodoro e incolor e assim por muitas vezes é inspirado por pessoas que fazem caminhadas nas proximidades de rodovias ou que trabalham em indústrias nas quais ocorre queima de combustíveis fósseis.

Os protótipos Camiseta Bafômetro e Camiseta CO (monitoração de Monóxido de Carbono), foram costurados em tecido Oxford, que foi escolhido por ser um tecido que não conduz corrente elétrica. No desenvolvimento de ambos os protótipos foram utilizados o modelo de arquitetura proposto no Capítulo 4, que foi dividida em três partes: a fase de Percepção (fluxo 1) foi feita com o uso de sensores da família MQ, a Interpretação foi desenvolvida por meio de códigos para o Arduino e o fluxo 5 da Atuação foi realizado fazendo com que o microcontrolador enviasse uma mensagem para acender ou não os LEDs. Em ambos os protótipos acender determinados LEDs ou outros representou a atuação.

Ao desenvolver os dois protótipos, foram utilizados sensores analógicos que, diferentemente aos sensores digitais que apresentam apenas a presença ou ausência de algo, apresentam também a variação e a continuidade, fazendo com que o resultado esteja mais aproximado ao encontrado no mundo real.

Camiseta Bafômetro

Além dos componentes já mencionados na arquitetura do Follow-Us, no protótipo da camiseta bafômetro foi utilizado o sensor MQ-3 (Figura 35) que apresenta alta sensibilidade à presença de álcool, o que significa uma resposta rápida ao detectar qualquer nível do produto. A escolha deste sensor se deu em função da durabilidade e do fato de ser utilizado nos bafômetros. O valor da resistência do MQ-3 é a diferença da concentração de vários gases. Assim, ao utilizar este componente, o ajuste de sensibilidade é extremamente necessário. Para medir com precisão, é necessário determinar o ponto adequado para o detector de gás considerando a influência da temperatura e umidade.

A camiseta bafômetro é capaz de avaliar a real concentração de álcool no sangue analisando o ar alveolar (ar que se encontra nos alvéolos no pulmão). Isto acontece

porque somente no nível dos alvéolos é que ocorre um equilíbrio entre o álcool presente no pulmão e o do sangue. Um fato importante a se considerar é que não se deve coletar a amostra de ar assim que o indivíduo tenha acabado de tomar o último gole de álcool, pois poderia haver interferência dos resíduos de álcool remanescentes na boca podendo indicar uma concentração de álcool muito elevada e inverídica. O tempo indicado entre o último gole e a coleta da amostra é de quinze a vinte minutos, pois este tempo asseguraria que todo o álcool presente na boca tenha sido absorvido. Existem dois métodos de coleta para o uso de etilômetros: ativo e passivo. O método ativo é assim denominado, pois requer a cooperação do indivíduo que deve soprar apropriadamente através de um bocal descartável e fornecendo assim, uma amostra de ar alveolar. No método passivo, o indivíduo não precisa colaborar, pois o instrumento aspira uma amostra de ar presente em frente à face da pessoa e realiza a medição a partir desta. De acordo com o conselho nacional de trânsito resolução nº 206 de 20 de outubro de 2006 é considerado incapacitado a dirigir quem apresentar no “teste em aparelho de ar alveolar pulmonar (etilômetro) que resulte na concentração de álcool igual ou superior a 0,06mg por litro de ar expelido dos pulmões”, o que corresponde a 6 decigramas de álcool por litro de sangue.



Figura 36 – (a) Camiseta Bafômetro



(b) Camiseta que verifica a presença de CO

A Camiseta Bafômetro (Figura 36 (a)) é uma aplicação que pode ser utilizada, por exemplo, em empresas ou instituições que necessitem do conhecimento do nível de álcool etílico dos funcionários que estejam trabalhando. Com isso, o uso de aparelhos bafômetros ou etilômetro seria dispensado, já que um similar poderia ser embutido em roupas.

O gás CO é tóxico, inodoro e incolor, oriundo da queima de combustíveis fósseis, como gasolina e carvão, e por vezes as pessoas o respiram e nem se dão conta. Para que o usuário perceba esse tipo de gás, a camiseta CO (Figura 37) foi projetada. A camiseta pode ser usada, principalmente, por esportistas que praticam suas atividades perto de rodovias ou por aqueles que trabalham em indústrias de queima de combustíveis fósseis. A camiseta monitora o nível de CO no ar avisando ao usuário quando este está respirando ar contaminado.

Implementação do Hardware e Software da Camiseta CO - MShirtCO

O protótipo foi desenvolvido utilizando os seguintes materiais: linha condutiva, sensor de CO MQ-7, Gas Sensor Breakout Board, 15 LEDs vermelhos e 15 verdes, camiseta feito em tecido Oxford, Arduino *LilyPad* (com microcontrolador Atmega 168).

De forma análoga a um semáforo, os LEDs verdes ficavam acesos sempre que não era detectada a presença de Monóxido de Carbono, caso o ar possuísse CO os LEDs vermelhos eram acesos e os verdes apagados. Por ter sido o segundo protótipo a ser desenvolvido, com o conhecimento adquirido no primeiro protótipo, muitas etapas foram simplificadas, inclusive a montagem do circuito interno que ficou bem reduzido (cujo esquema pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), possibilitando uma maior proximidade dos componentes, com isso menos linha foi necessária, diminuindo a resistência no circuito. Neste protótipo, o sensor foi afixado próximo à *LilyPad* para evitar os problemas com a resistência da linha e também foi utilizado um *trimpot*.

Após testes de bancada em *protoboard*, foi realizada a montagem do protótipo em um camiseta confeccionado em tecido Oxford.

6.2.3. Testes e Resultados

Foi necessário realizar um teste nos LEDs para ter certeza que estavam funcionando antes de iniciar os testes do protótipo propriamente dito. Para realizar estes testes, foi passada a linha através dos tubos soldados a cada LED e, ainda presos na agulha, conectou-se a um Arduino com o software *blink*. Dessa forma, podia-se garantir tanto que o LED não estava queimado quanto se havia transmissão de corrente pela linha, ou seja, garantindo se os componentes estavam aptos a serem utilizados no protótipo.

O circuito necessita de 4,5 volts para funcionar. Esta voltagem foi fornecida por três pilhas AA. Foi necessário ligar ao circuito a *Breakout Board* na qual o sensor seria

encaixado e ainda um Arduino (sem o microcontrolador) para possibilitar a ligação da LilyPad ao computador onde eram exibidos os valores captados.

Posteriormente foi efetuada uma verificação com o bafômetro serial, em que foram observados valores instáveis. Com a utilização de outro sensor de álcool, a instabilidade ainda foi verificada. Avaliando os valores obtidos, notou-se que ao manter o circuito estático em uma mesa, por exemplo, depois de regulado com um *trimpot*, o mesmo detecta corretamente a presença de álcool e acende os LEDs quando o valor detectado supera o valor estipulado durante a programação e ajustes. Contudo, ao fazer testes com o tecido em movimento, notou-se que o sensor se apresentava ainda instável, mesmo sem presença alguma de álcool. Ao notar essa instabilidade foi iniciada a investigação do que poderia estar causando esse problema. Devido a essas instabilidades foi necessário cortar algumas linhas que estavam compondo o circuito para encontrar a fonte do problema, pôde-se notar que a resistência da própria linha estava provocando uma variação de acordo com sua tensão, principalmente em trechos maiores de linha. No intuito de corrigir este problema, não desprezando o fato de que no caso do bafômetro o sensor de álcool deveria estar posicionado próximo ao ombro para facilitar a utilização do mesmo, a princípio foram utilizados três fios de cobre ligando o sensor à LilyPad. Isto fez com que a resistência fosse mantida e então o sensor pôde estabilizar e alterar seus valores apenas quando indicava a presença de álcool, funcionando corretamente.

Como o circuito dos LEDs havia sido isolado do circuito completo anteriormente, foi decidido testar religando-os com linha condutiva. Foi notado então outro problema que seria como manter o contato entre as linhas. Para isso, foram cortadas e então amarradas às outras. Para mantê-las presas foi utilizada linha comum, não condutiva.

Para a realização dos testes foi necessário simular a presença de álcool no organismo do indivíduo, para isso aproximou-se a quantidade de uma tampa de álcool do sensor fazendo com que os LEDs se acendessem. Para saber a quantidade adequada de álcool utilizou-se um bafômetro comercial, a camiseta foi regulada sob as mesmas condições que este indicava que o indivíduo estava embriagado. Neste caso, utilizava-se o *trimpot* para regular o circuito por meio do monitor serial. O circuito teve que ser regulado tendo em vista que os valores captados pelo sensor variam de acordo com a taxa de gases no meio em que está inserido.

Durante a sequência de testes com o fio de cobre, o mesmo acabou quebrando diversas vezes. Então para não ser necessário utilizar fios de cobre decidiu-se testar colocando o sensor próximo à LilyPad. Por meio de testes realizados pôde-se notar que o problema se deu pela resistência da própria linha que era maior quanto maior seu comprimento. Para fazer a ligação entre a LilyPad com o Arduino foi utilizado um fio com uma garra em uma das extremidades na qual é ligado o terra do Arduino ao pino terra da LilyPad; o 5v do Arduino ao da LilyPad e por fim os rx e tx (*receiving* e *transmitting*) da LilyPad estão ligados ao rx e tx do Arduino, respectivamente. Como foi constatado que a temperatura e a umidade influenciam na medição dos dados, tornou-se inviável a utilização de resistores, pois a resistência deveria ser modificada de acordo com as condições do ambiente, por isso passou-se a usar o *trimpot* no lugar do resistor. Foi observado ao final dos testes com o protótipo que os valores lidos no sensor aumentavam conforme a concentração de álcool aumentava no ar.

Durante os testes realizados com o protótipo da camiseta de monóxido de carbono notou-se que o mesmo não estava captando corretamente a presença ou não de CO. Então, por meio de mais pesquisas sobre o sensor MQ-7, notou-se que a série de sensores de gás MQ normalmente necessita de 5 volts de entrada e saída análoga de voltagem, mas o modelo MQ-7 é o único que faz isso sem requerer simplesmente a voltagem de 5 volts. Para o funcionamento correto deste sensor são necessários ciclos alternados de 1.4 volts durante 90 segundos e 5 volts durante 60 segundos. Então foram feitos testes em um circuito montado diretamente no Arduino com a configuração adequada. O circuito testado posteriormente apresentou os dados corretos, ao analisar a emissão em um carro à gasolina, que durante os testes com protótipo anterior não apresentavam variação.

6.2.4. Considerações Finais de Computação Vestível

A computação vestível é uma ferramenta proposta para auxílio à computação ubíqua. Assim surgem novos desafios, como por exemplo, a construção de circuitos imperceptíveis e até macios. Para isso, é proposto como trabalhos futuros, juntamente com a engenharia de computação invisível, desenvolver novas ferramentas de computação ubíqua com o uso do modelo do Follow-Us.

Apesar de todo o desenvolvimento tecnológico na área de computação vestível, diferentes desafios podem surgir a cada aplicação proposta. No desenvolvimento deste

trabalho, alguns deles tiveram de ser superados e então foram colocados como oportunidades de contribuição. A linha condutiva utilizada na costura do circuito foi rapidamente danificada devido ao manuseio e contato com o tecido. Mesmo com todo desenvolvimento tecnológico na área de vida assistida, ainda existe a necessidade de utilizar algo como a computação vestível para auxiliar a busca de dados necessária a essa assistência.

Apesar dos protótipos desenvolvidos possuírem componentes visíveis, a evolução da tecnologia deixa a expectativa de que em pouco tempo os componentes possuirão escala nanométrica, tornando a computação vestível mais ergonômica e invisível, pois as pessoas não perceberão que estão vestindo a computação.

Os estudos da computação vestível voltaram-se à área da saúde devido ao envelhecimento da população mundial (Pantelopoulos, 2010). Com esse intuito, testes serão desenvolvidos envolvendo diferentes linhas, tecidos e outras formas de construção de circuitos, para que fiquem transparentes ao usuário. Além de produzir protótipos baseados na arquitetura proposta e aplicações voltadas à área da saúde, visto seu constante crescimento.

Outra proposta de trabalhos futuros é o desafio que envolve a questão dos aspectos sociais e de segurança dos dados tangíveis e intangíveis obtidos pela computação vestível. Além disso, pretende-se focar o trabalho de computação vestível para a área da saúde, para proporcionar a vida assistida (*assisted living*), por meio da engenharia de computação invisível auxiliando ainda mais o avanço da tecnologia em benefício da sociedade.

Considerações Finais

A monitoração contínua do estado de saúde do usuário proposta pelo Follow-Us pode contribuir para a ampliação da expectativa de vida e para uma melhor qualidade de vida, observando se as funções do corpo são mantidas a um nível suficientemente normal. Pessoas que sofrem de problemas crônicos e cujo estado de saúde pode mudar rapidamente, como resultado de doenças cardíacas, doenças do sistema nervoso, etc., necessitam de monitoramento de sua condição de saúde 24 horas diárias. Por outro lado, não seria uma boa ideia sugerir a algumas pessoas, como idosos, a viver em hospitais, a fim de realizar tal monitoração. O conceito moderno defende a casa com monitoramento contínuo da saúde por meio de métodos não invasivos utilizando a tecnologia que muitas vezes não requer quaisquer acessórios de fios e sensores para o usuário. A concepção e construção de tais dispositivos possuem características muito diferentes dos dispositivos encontrados nas salas de emergência nos hospitais. Diferentemente dos dispositivos baseados em hospitais que realizam, devido à acurácia, a medição confiável dos valores absolutos dos parâmetros de saúde, porém restringem movimentos, os dispositivos de monitoramento para o acompanhamento em casa não devem restringir a liberdade de movimentos do usuário e por muitas vezes não precisam ter a mesma precisão de um aparelho hospitalar. Considerando que os dispositivos de monitoramento hospitalar têm uma longa história, os dispositivos monitoramento individuais são relativamente novos, mas estão se tornando itens muito importantes. Recentemente, alguns dispositivos, cada vez mais sofisticados, tornaram-se disponíveis como resultados de progressos significativos nas tecnologias de computador, microssensores de estado sólido, a Internet, e de telecomunicações celulares (Stefanov et. al, 2004).

Durante o desenvolvimento deste trabalho, muitos foram os resultados alcançados, entre eles o aprendizado sobre simulações no MannaSim, o desenvolvimento de protótipos e também colaborações em forma de produção científica, como o artigo “*Follow-Us: A Distributed Ubiquitous Healthcare System Simulated by MannaSim*” publicado no evento internacional ICCSA. E o artigo “*A Model for Ubiquitous Wearable Application*” também publicado em evento internacional, o IADIS Applied Computing.

Com todas as simulações e protótipos realizados pôde-se notar a vantagem dos estudos e simulações realizados para se alcançar um ambiente inteligente ideal sem depender tantos custos.

Com a utilização das simulações, notou-se que a rede hierárquica possui uma porcentagem de erros muito menor que a rede plana, representando apenas 1% da quantidade de eventos enquanto a rede plana chega a representar 18% da quantidade de eventos. Dessa forma, a rede hierárquica foi escolhida para futuramente ser implantada em uma casa real que apresente as mesmas condições da simulação realizada. A questão da quantidade de erros apresentados é muito importante. Visto que os mais frequentes são os de colisão de pacotes, pode fazer com que mensagens não alcancem seus destinos podendo então causar sérios danos ao morador por serem dados extremamente importantes. Contudo, em cada ambiente que se queira implantar o Follow-Us deve ser realizada uma avaliação de qual rede seria a mais adequada, pois existem diferenças realmente significativas entre uma rede em uma casa, em um hospital ou em um condomínio para idosos, por exemplo. Como trabalhos futuros, propõe-se fazer simulações com os ambientes não abrangidos neste trabalho antes de aplicá-los em ambiente real, pois por mais que a simulação seja lenta e despenda tempo para desenvolvê-la e executá-la ainda é mais seguro, barato, e até mais rápido rearranjar uma rede em ambiente simulado do que em um ambiente real.

O trabalho e o tempo despendido tanto com as simulações quanto com os protótipos trouxeram grandes aprendizados acompanhados por problemas inesperados que acabaram, por algumas vezes, extrapolando alguns cronogramas. No caso do protótipo de computação vestível, por exemplo, cujos materiais para confecção do mesmo foram adquiridos no exterior, a linha condutiva que deveria funcionar perfeitamente no circuito desenhado, podendo até mesmo ser lavada, não cumpria o prometido perdendo suas propriedades condutivas e até danificando o circuito. Novas buscas por materiais de qualidade superior foram necessárias e então, ao encontrar outra

marca da linha condutiva que aparentava suprir as necessidades, foi adquirida a nova linha e, mesmo com o uso de luvas durante o manuseio o circuito montado não apresentou resultado satisfatório devido à baixa durabilidade da propriedade condutiva da linha. Uma solução encontrada para este problema específico da linha condutiva foi passar a utilizar fios de cobre para substituir a linha no circuito. Esta solução também se mostrou inadequada, pois devido à maleabilidade do circuito os fios de cobre se rompiam com facilidade.

Como propostas para trabalhos futuros, têm-se a aplicação do Follow-Ups em ambientes reais para verificar os resultados; a construção de um sistema robusto utilizando a arquitetura proposta; o desenvolvimento de Hardware e Software específicos para o desenvolvimento de *Ubiquitous Healthcare*; a redução do tamanho dos sensores utilizados nos protótipos para sensores desenvolvidos em escala nanométrica; realizar a aplicação da arquitetura proposta também em ambientes hospitalares, por exemplo, utilizando redes hierárquicas onde cada quarto possuirá um ponto de acesso e seus nós sensores, visando monitorar também os dados do ambiente para que os pacientes sejam cuidados da maneira menos invasiva possível; aplicar o Follow-Ups em um condomínio de casas de idosos, que incluiria enfermaria e área de lazer, onde estes estariam com sua privacidade garantida ao morar em sua própria casa e ao mesmo tempo seguros de que se algo ocorrer o socorro viria rapidamente, uma vez que todo o ambiente seria monitorado de forma automática reduzindo a necessidade de cuidadores.

Referências Bibliográficas

(Alemdar, 2010) Alemdar, Hande, and Ersoy, (2010) Cem: Wireless sensor networks for healthcare: A survey, Computer Network. 54, volume 54, Elsevier North-Holland, Inc., 2688–2710, October 2010.

(Agoulmine, 2011) Agoulmine, N. Deen, M.J. Jeong-Soo Lee Meyyappan, M.; (2011). U-health Smart Home: Innovative solutions for the management of the elderly and chronic diseases. Univ. of Evry, Evry, France. This paper appears in: Nanotechnology Magazine, IEEE. Issue Date: Sept. 2011. Volume: 5 Issue: 3. On page(s): 6 – 11. ISSN: 1932-4510.

(ANDROID, 2012) ANDROID. What is Android. Disponível em: <<http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html>>. Acesso em: Março 2012.

(Anliker, 2004) Anliker, U., Beutel, J., Dyer, M., Enzler, R., Lukowicz, P., and Thiele, L. (2004). A systematic approach to the design of distributed wearable systems. Transactions On Computers, 53(8).

(Araujo, 2011) Araujo, Guilherme Irineu Rosa de; Pasqualino, Guilherme Gonçalves; Ruiz, Linnyer Beatrys; (2011). Rede de Sensores Sem Fio Multicamada Multimodal pra Monitoração de Queda de Idosos. 63ª Reunião Anual da SBPC.

(Arduino, 2012) Arduino. Disponível em:< <http://arduino.cc/>>. Acesso em: junho de 2012.

(Banks, 2009) Banks J.; Nelson B. & Nicol D.. (2009) Discrete-event system simulation. Prentice Hall.ISBN-10: 0136062121. ISBN-13: 978-0136062127. Edition:5.

(Bluetooth, 2011) Bluetooth Special Interest Group. Disponível em: <www.bluetooth.org>. Acesso em: Abril de 2011.

(Buechley, 2008) Buechley, Leah, and Eisenberg, Michael. (2008). The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone. IEEE Pervasive Computing 7, volume 7, IEEE Educational Activities Department, 12–15.

(Cha, 2012) Cha , J.K.. (2012). Defining the Perfect Ubiquitous Healthcare Information System. Koreaittimes.com. [Online]. December 14, 2008. Disponível em : <http://www.koreaittimes.com/story/defining-perfect-ubiquitous-healthcare-information-system>. Acesso em: Agosto 2012.

(Chen, 2012) Chen, Yen-Kuang; (2012) Challenges and Opportunities of Internet of Things. Conference Location: Sydney, NSW. This paper appears in: Design Automation Conference (ASP-DAC), 17th Asia and South Pacific. ISSN: 2153-6961.

(Cherkaoui, 2011) Cherkaoui, E.H.; Agoulmine, N.; Thinh Nguyen; Toni, L.; Fontaine, J.; (2011). Taking Advantage of The Diversity in Wireless Access Networks: On the Simulation of a User Centric Approach. Italian Inst. of Technol., Genoa, Italy. This paper appears in: Integrated Network Management (IM), 2011 IFIP/IEEE International Symposium on. Issue Date : 23-27 May 2011. On page(s): 1021 – 1028. E-ISBN : 978-1-4244-9220-6.

(COETZEE, 2011) COETZEE, Louis; EKSTEEN, Johan . (2011). The Internet of Things – Promise for the Future? An Introduction. This paper appears in: IST-Africa Conference Proceedings. Date of Conference: 11-13 May 2011. Page(s): 1- 9. Print ISBN: 978-1-4577-1077-3.

(Couto, 2005) Couto, Douglas S. J. De; Aguayo, Daniel; Bicket, John; Morris, Robert; (2005) A High-Throughput Path Metric For Multi-Hop Wireless Routing. Reference Type: Journal Article. Journal Name: Wireless Networks. Cover Date: 2005-07-21. Publisher: Springer Netherlands. Issn: 1022-0038.

(Crossbow, 2011) Crossbow Technology Inc. Stargate x-scale, processor plataforma datasheet. Disponível em: < <http://www.xbow.com>>, Acesso em: abril de 2011.

(Dobson, 2010) Dobson, S. ; Sterritt, R. ; Nixon, P. ; Hinchey, M. (2010). Fulfilling the Vision of Autonomic Computing. This paper appears in: Computer. Date of Publication: Jan. 2010. Univ. of St Andrews, St. Andrews, UK . Volume: 43 , Issue: 1. Page(s): 35- 41 ISSN : 0018-9162. Issue Date : Jan. 2010. Sponsored by : IEEE Computer Society.

(Dong Wang, 2012) Dong Wang, Lance Kaplan, Hieu Le, and Tarek Abdelzaher. (2012). On truth discovery in social sensing: a maximum likelihood estimation approach. In Proceedings of the 11th international conference on Information

Processing in Sensor Networks (IPSN '12). ACM, New York, NY, USA, 233-244. DOI=10.1145/2185677.2185737 <http://doi.acm.org/10.1145/2185677.2185737>.

(Fariba Sadri, 2011) Fariba Sadri, (2011) Imperial College, U.K. Ambient Intelligence: A Survey. ACM Computing Surveys (CSUR) Surveys Homepage table of contents archive. Volume 43 Issue 4, October 2011. Article No.36. Publisher ACM New York, NY, USA. ISSN: 0360-0300 EISSN: 1557-7341.

(Feng Zhou, 2011) Feng Zhou, Member, IEEE, Jianxin (Roger) Jiao, Member, IEEE, Songlin Chen, Member, IEEE, and Daqing Zhang (2011). A Case-Driven Ambient Intelligence System for Elderly in-Home Assistance Applications. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, VOL. 41, NO. 2, MARCH 2011.

(Georgios Mantas, 2010) Georgios Mantas, Member, IEEE, Dimitrios Lymberopoulos, Member, IEEE, and Nikos Komninos, Member (2010). A New Framework for Ubiquitous Context-Aware Healthcare Applications, IEEE 978-1-4244-6561-3/101 ©2010 IEEE.

(Ghizoni, 2012) Ghizoni, Maria; Santos, Adauto; Ruiz, Linnyer; (2012). Follow-Us: A Distributed Ubiquitous Healthcare System Simulated by MannaSim. Book Title: Computational Science and Its Applications – ICCSA 2012. Book Series Title: Lecture Notes in Computer Science. Copyright: 2012. Publisher: Springer Berlin / Heidelberg. Isbn: 978-3-642-31127-7. pp. 588- 601. Volume: 7336. Doi: 10.1007/978-3-642-31128-4_43

(GHIZONI, 2011) GHIZONI, M. L. A.; Ruiz, L. B. ; Gonçalves, P.C. (2011). A MODEL FOR UBIQUITOUS WEARABLE APPLICATION. In: IADIS Applied Computing, 2011, Rio de Janeiro. IADIS Applied Computing 2011.

(Hanshen Gu, 2009) Hanshen Gu, Dong Wang (2009). A Content-aware Fridge Based on RFID in Smart Home for Home-Healthcare. School of Software, Shanghai Jiaotong University. ISBN 978-89-5519-139-4 Feb. 15-18,2009 ICACT 2009. Pag 987-990.

(Horn, 2001) Horn, P. (2001). Autonomic computing: IBM's Perspective on the State of Information Technology.

(Huang, 2010) Huang, Yinghui; Li, Guanyu. (2010). A Semantic Analysis for Internet of Things. International Conference on Intelligent Computation Technology and

Automation (ICICTA), 2010. Volume: 1. Digital Object Identifier: 10.1109/ICICTA.2010.73. Page(s): 336 - 339.

(Hui Wang, 2010) Hui Wang; Hyeok-Soo Choi; Agoulmine, N.; Deen, M.J.; Hong, J.W.-K.; (2010). Information-Based Sensor Tasking Wireless Body Area Networks in U-Health Systems. ITCE, POSTECH, Pohang, South Korea. This paper appears in: Network and Service Management (CNSM), International Conference on. Issue Date : 25-29 Oct. 2010. On page(s): 517 – 522. E-ISBN : 978-1-4244-8908-4. Print ISBN: 978-1-4244-8910-7.

(Hui Wang, 2011) Hui Wang; Hyeok-soo Choi; Agoulmine, N.; Deen, M.J.; Hong, J.W.-K.; (2011). Information-based Energy Efficient Sensor Selection in Wireless Body Area Networks. ITCE, POSTECH, Pohang, South Korea. This paper appears in: Communications (ICC), 2011 IEEE International Conference on. Issue Date : 5-9 June 2011. On page(s): 1-6. ISSN : 1550-3607. E-ISBN : 978-1-61284-231-8.

(Jeruchim, 2000) Jeruchim M.; Balaban P.& Shanmugan K.. (2000). Simulation of communicationsystems: modeling, methodology, and techniques. Springer, Us.

(Kim, 2010) Kim, Jin; Choi, Hyeok-soo; Wang, Hui; Agoulmine, Nazim; Deerv, M. Jamal; Hong, James Won-Ki; (2010) POSTECH's U-Health Smart Home for elderly monitoring and support. World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2010 IEEE International Symposium on a. Digital Object Identifier: 10.1109/WOWMOM.2010.5534977. Page(s): 1 – 6.

(Josh Broch,1998) Josh Broch, David A. Maltz, David B. Johnson, Yih-Chun Hu, and Jorjeta Jetcheva. (1998). A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols. In Proceedings of the 4th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking (MobiCom '98), William P. Osborne and Dhawal Moghe (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 85-97. DOI=10.1145/288235.288256 <http://doi.acm.org/10.1145/288235.288256>.

(Liu, 2012) Liu Chunli. (2012) Intelligent Transportation based on the Internet of Things. Topic(s) : Communication, Networking & Broadcasting ; Components, Circuits, Devices & Systems ; Computing & Processing (Hardware/Software) ; Engineered Materials, Dielectrics & Plasmas ; Fields, Waves & Electromagnetics. Conference Location : Yichang. Print ISBN: 978-1-4577-1414-6. April 2012.

(Mandal, 2009) Mandal, S., and Sarpeshkar, R. (2009). A low-power, battery-free tag for body sensor networks. Massachusetts Institute of Technology. *Pervasive Computing*, 9(1):71–77.

(Manna, 2012) Manna Research Group and Project SensorNet, MannaSim Framework, Disponível em: <<http://www.mannasim.dcc.ufmg.br/>>, Acesso em: setembro de 2012

(Martin, 2005) Martin, T. Jones, M. Edmison, J. Shenoy, R. (2005). Towards a design framework for wearable electronic textiles. *Wearable Computers. Seventh IEEE International Symposium on*. ISSN: 1530-0811. On page(s): 190.

(Meulendijk M, 2011) Meulendijk M, Van De Wijngaert L, Brinkkemper S, Leenstra H. (2011). AmI In Good Care? Developing design principles for ambient intelligent domotics for elderly. *Inform Health Soc Care*. 2011 Mar; 36(2):75-88. Epub 2011 Feb 3.

(Müller, 2012) Müller, E.P.D. Freitas, A.A. Susin, and C.E. Pereira. (2012) Namimote: A Low-Cost Sensor Node for Wireless Sensor Networks. *Proc. NEW2AN*, pp.391-400.

(Omary, 2010) Omary, Z.; Mtenzi, F.; Bing Wu; O'Driscoll, C.; Accessing Sensitive Patient Information in Ubiquitous Healthcare Systems (2010). This paper appears in: *Internet Technology and Secured Transactions (ICITST) International Conference for*. Issue Date : 8-11 Nov. 2010. On page(s): 1 – 3. Print ISBN: 978-1-4244-8862-9.

(Pantelopoulos, 2010) Pantelopoulos, A. and Bourbakis, N. G. (2010). A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 40.

(Park, 2007) Park, Joonseok; Moon, Mikyeong; Hwang, Seongjin; Yeom, Keunhyuk (2007). Development of Simulation System for Validating Contextual Rule in Smart Home. This paper appears in: *Advanced Communication Technology, The 9th International Conference on*. Volume: 2, On Page(s): 1143 – 1146. ISSN: 1738-9445.

(Pasqualino, 2012) Pasqualino, Guilherme Gonçalves. (2012) Monitoração de Queda de Idosos. Relatório Técnico 2, Trabalho de Graduação. Ciência da Computação; Departamento de Informática; Centro de Tecnologia; Universidade Estadual de Maringá. Setembro 2012.

(RIBA, 2011) RIBA. A Guide for Assisted Living. Towards LifeHome 21. ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS, 2011.

(Ruiz, 2004) Ruiz, Linnyer B., Fabrício, Braga, T. R., Silva, Nogueira, José M. S., e Loureiro, Antonio A. (2004). On impact of management on wireless sensor networks. IEEE NOMS – Network Operations and Management Symposium. Pág. 657–670, Seoul, Coréia.

(RUIZ, 2011) RUIZ, Linnyer Beatrys ; Silva, Thais Regina de Moura Braga ; SILVA, Fabrício Aguiar; LOUREIRO, Antonio Alfredo Ferreira ; José Camargo da Costa ; Rogério Pozza ; César Alberto da Silva (2011). Engenharia de Computação Invisível. In: Wagner Meira e Alberto Ferreira de Souza. (Org.). Jornadas de Atualização em Informática da Sociedade Brasileira de Computação. 1ed.Rio de Janeiro: Editora PUC-RIO, p. 359-408.

(Silva, 2010) Silva, Thais Regina de Moura Braga ; RUIZ, Linnyer Beatrys ; LOUREIRO, Antonio Alfredo (2010). Towards a Conflict Resolution Approach for Collective Ubiquitous Context-aware Systems. In: 12th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2010), Paris. 2th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2010). New York-Vienna : ACM e Austrian Computer Society, 2010.

(Stefanov, 2004) Stefanov, D.H.; Zeungnam Bien; Won-Chul Bang; (2004). The Smart House for Older Persons and Persons With Physical Disabilities: Structure, Technology Arrangements, and Perspectives. Inst. of Mech., Bulgarian Acad. of Sci., Sofia, Bulgaria. This paper appears in: Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on. Issue Date : June 2004. Volume : 12 , Issue:2. On page(s): 228 – 250. ISSN : 1534-4320.

(Subramaniam, 2010) Subramaniam, C.; Ravi, A.; Nayak, A.; Thunuguntla, S.; (2010). Actor Based Domain Specific Privacy Model for U-Healthcare System. This paper appears in: Digital Content, Multimedia Technology and its Applications (IDC), 6th International Conference on. Issue Date : 16-18 Aug. 2010. On page(s): 381 – 385. Print ISBN: 978-1-4244-7607-7.

(Tracy, 2005) Tracy S. Barger, Donald E. Brown, Fellow, IEEE, and Majd Alwan, Member, IEEE. (2005). Health-Status Monitoring Through Analysis of Behavioral Patterns. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART A: SYSTEMS AND HUMANS, VOL. 35, NO. 1, JANUARY 2005. 1083-4427 © 2005 IEEE.

(Uddin, 2012) Uddin, M.Y.S.; Amin, M.T.A.; Hieu Le; Abdelzaher, T.; Szymanski, B.; Nguyen, T. (2012) Networked Sensing Systems (INSS), 2012 Ninth International Conference on Date of Conference: 11-14 June 2012. Page(s): 1 - 8. Location: Antwerp. E-ISBN: 978-1-4673-1785-6.

(NS-2, 2011) University of Southern California, Network Simulator (ns-2), Disponível em: <<http://isi.edu/nsName/ns/>>, Acesso em: julho de 2011.

(Vinícius Maran, 2011) Vinícius Maran, Deise de Brum Saccol, Iara Augustin, Alencar Machado. (2011). ADDING CONTEXT DATA PERSISTENCE BASED ON ONTOLOGIES IN A UBIQUITOUS HEALTHCARE ARCHITECTURE. ISBN: 978-989-8533-01-2. Editors: Bebo White, Pedro Isaías and Flávia Maria Santoro.

(Weider, 2011) Weider D. Yu, Ashish Joshi, Jatin Patel, Vishal Mehta (2011). A SOA Service Governance Approach to u-Healthcare System with Mobility Capability. 978-1-61284-233-2/1 1©2011 IEEE

(Weiser, 1988) Weiser, M. Ubiquitous computing. Xerox Parc, 1988.

(Wi-Fi Alliance, 2012) Wi-Fi Alliance. Disponível em: <<http://www.wi-fi.org/>>. Acesso em: Novembro de 2012.

(Yen-Kuang Chen, 2012) Yen-Kuang Chen; (2012). Challenges and opportunities of internet of things, Design Automation Conference (ASP-DAC), 2012 17th Asia and South Pacific , vol., no., pp.383-388, Jan. 30 2012-Feb. 2 2012 doi: 10.1109/ASPDAC.2012.6164978.

(Zeigler, 2000) Zeigler B.; Praehofer H. & Kim T.. (2000) Theory of modeling and simulation. Academicpress New York, NY.

(Zhao, 2011) Zhao, Wei; Wang, Chaowei; Nakahira, Yorie. (2011). Medical Application On Internet Of Things. Proceedings of ICCTA2011. Page(s): 660 - 665. Digital Object Identifier: 10.1049/cp.2011.0751

(ZigBee, 2011) ZigBee Alliance. Disponível em: <www.zigbee.org>. Acesso em: Abril de 2011.

(Zorkot, 2006) Zorkot, A. C.; Ruiz, Linnyer Beatrys; Assunção, Helen Peters de. (2006). A Tool for Moviment Detection Using Wireless Sensor Network. In: XXXIII Integrated Symposium of Software and Hardware, 2006, Campo Grande. Proceedings of the Congresso Da Sociedade Brasileira de Computação, 2006.

Anexo 1

Datasheet MicaZ

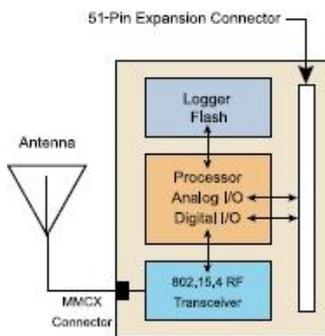
MICAz

WIRELESS MEASUREMENT SYSTEM

- 2.4 GHz IEEE 802.15.4, Tiny Wireless Measurement System
- Designed Specifically for Deeply Embedded Sensor Networks
- 250 kbps, High Data Rate Radio
- Wireless Communications with Every Node as Router Capability
- Expansion Connector for Light, Temperature, RH, Barometric Pressure, Acceleration/Seismic, Acoustic, Magnetic and other Crossbow Sensor Boards

Applications

- Indoor Building Monitoring and Security
- Acoustic, Video, Vibration and Other High Speed Sensor Data
- Large Scale Sensor Networks (1000+ Points)



MICAz

The MICAz is a 2.4 GHz Mote module used for enabling low-power, wireless sensor networks.

Product features include:

- IEEE 802.15.4 compliant RF transceiver
- 2.4 to 2.48 GHz, a globally compatible ISM band
- Direct sequence spread spectrum radio which is resistant to RF interference and provides inherent data security
- 250 kbps data rate
- Supported by MoteWorks™ wireless sensor network platform for reliable, ad-hoc mesh networking
- Plug and play with Crossbow's sensor boards, data acquisition boards, gateways, and software

MoteWorks™ enables the development of custom sensor applications and is specifically optimized for low-power, battery-operated networks. MoteWorks is based on the open-source TinyOS operating system and provides reliable, ad-hoc mesh networking, over-the-air-programming capabilities, cross development tools, server middleware for enterprise network integration and client user interface for analysis and a configuration.

Processor & Radio Platform (MPR2400CA)

The MPR2400 is based on the Atmel ATmega128L. The ATmega128L is a low-power microcontroller which runs MoteWorks from its internal flash memory. A single processor board (MPR2400) can be configured to run your sensor application/ processing and the network/radio communications stack simultaneously. The 51-pin expansion connector supports Analog Inputs, Digital I/O, I2C, SPI and UART interfaces. These interfaces make it easy to connect to a wide variety of external peripherals. The MICAz (MPR2400) IEEE 802.15.4 radio offers both high speed (250 kbps) and hardware security (AES-128).

Sensor Boards

Crossbow offers a variety of sensor and data acquisition boards for the MICAz Mote. All of these boards connect to the MICAz via the standard 51-pin expansion connector. Custom sensor and data acquisition boards are also available. Please contact Crossbow for additional information.

Processor/Radio Board	MPR2400CA	Remarks
Processor Performance		
Program Flash Memory	128K bytes	
Measurement (Serial) Flash	512K bytes	> 100,000 Measurements
Configuration EEPROM	4K bytes	
Serial Communications	UART	0-3V transmission levels
Analog to Digital Converter	10 bit ADC	8 channel, 0-3V Input
Other Interfaces	Digital I/O,I2C,SPI	
Current Draw	8 mA	Active mode
	< 15 μ A	Sleep mode
RF Transceiver		
Frequency band ¹	2400 MHz to 2483.5 MHz	ISM band, programmable in 1 MHz steps
Transmit (TX) data rate	250 kbps	
RF power	-24 dBm to 0 dBm	
Receive Sensitivity	-90 dBm (min), -94 dBm (typ)	
Adjacent channel rejection	47 dB	+ 5 MHz channel spacing
	38 dB	- 5 MHz channel spacing
Outdoor Range	75 m to 100 m	1/2 wave dipole antenna, LOS
Indoor Range	20 m to 30 m	1/2 wave dipole antenna
Current Draw	19.7 mA	Receive mode
	11 mA	TX, -10 dBm
	14 mA	TX, -5 dBm
	17.4 mA	TX, 0 dBm
	20 μ A	Idle mode, voltage regulator on
	1 μ A	Sleep mode, voltage regulator off
Electromechanical		
Battery	2X AA batteries	Attached pack
External Power	2.7 V - 3.3 V	Molex connector provided
User Interface	3 LEDs	Red, green and yellow
Size (In)	2.25 x 1.25 x 0.25	Excluding battery pack
(mm)	58 x 32 x 7	Excluding battery pack
Weight (oz)	0.7	Excluding batteries
(grams)	18	Excluding batteries
Expansion Connector	51-pin	All major I/O signals

Notes

¹5 MHz steps for compliance with IEEE 802.15.4/D18-2003.
Specifications subject to change without notice



MIB520CB Mote Interface Board

Base Stations

A base station allows the aggregation of sensor network data onto a PC or other computer platform. Any MICAz Mote can function as a base station when it is connected to a standard PC interface or gateway board. The MIB510 or MIB520 provides a serial/USB interface for both programming and data communications. Crossbow also offers a stand-alone gateway solution, the MIB600 for TCP/IP-based Ethernet networks.

Ordering Information

Model	Description
MPR2400CA	2.4 GHz MICAz Processor/Radio Board
WSN-START2400CA	2.4 GHz MICAz Starter Kit
WSN-PRO2400CA	2.4 GHz MICAz Professional Kit

Anexo 2

Datasheet WaspMote

Waspmote

General data:

Microcontroller:	ATmega1281
Frequency:	8MHz
SRAM:	8KB
EEPROM:	4KB
FLASH:	128KB
SD Card:	2GB
Weight:	20gr
Dimensions:	73.5 x 51 x 13 mm
Temperature Range:	[-20°C, +65°C]
Clock:	RTC (32KHz)



Consumption:

ON:	9mA
Sleep:	62µA
Deep Sleep:	62µA
Hibernate:	0.7µA

Operation without recharging: 1 year *

* Time obtained using the Hibernate mode as the energy saving mode

Inputs/Outputs:

7 Analog (I), 8 Digital (I/O), 1 PWM, 2 UART, 1 I2C, 1USB

Electrical data:

Battery voltage:	3.3 V - 4.2V
USB charging:	5 V - 100mA
Solar panel charging:	6 - 12 V - 280mA
Auxiliary battery voltage:	3V

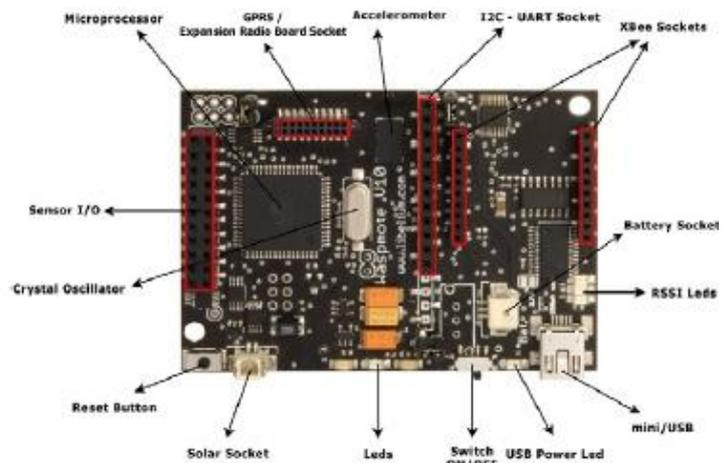


Figure 1: Waspmote Board Top

Built-in sensors on the board:

Temperature (+/-): -40°C, +85°C. Accuracy: 0.25°C
Accelerometer: ±2g (1024 LSb/g) / ±6g (340LSb/g)
 40Hz/160Hz/640Hz/2560Hz

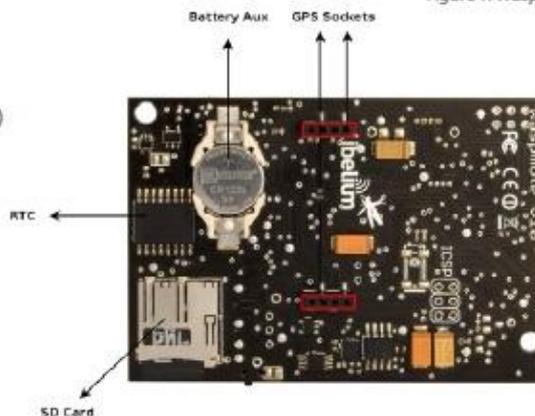


Figure 2: Waspmote Board Bottom

802.15.4/ZigBee

Model	Protocol	Frequency	txPower	Sensitivity	Range *
XBee-802.15.4	802.15.4	2.4GHz	1mW	-92dB	500m
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	-100dBm	7000m
XBee-ZB	ZigBee-Pro	2.4GHz	2mW	-96dBm	500m
XBee-ZB-Pro	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	-102dBm	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	-112dBm	12km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	-100dBm	10km
XBee-XSC	RF	900MHz	100mW	-106dBm	12km

* Line of sight and 5dBi dipole antenna



Figure 3: XBee

- Antennas:** 2.4GHz: 2dBi / 5dBi
868/900MHz: 0dBi / 4.5dBi
- Connector:** RPSMA
- Encryption:** AES 128b
- Control Signal:** RSSI
- Standards:** XBee-802.15.4 - 802.15.4 Compliant / XBee-ZB - ZigBee-Pro v2007 Compliant
- Topologies:** star, tree, mesh

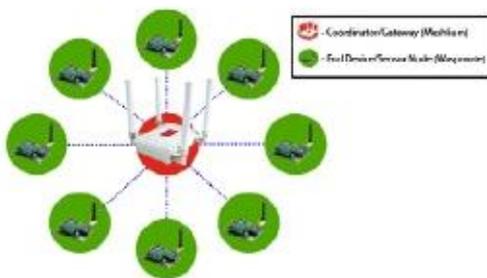


Figure 4: Star

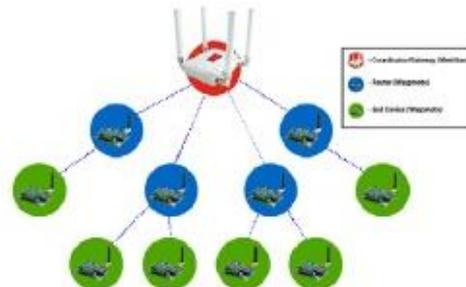


Figure 5: Tree

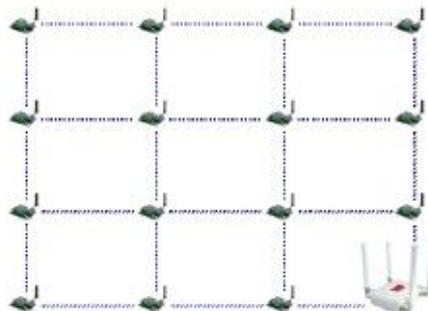


Figure 6: Mesh