

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Matheus de Sá Erthal

Sistema de Computação Ubíqua para Aplicação em  
Telessaúde

Niterói-RJ

2011

MATHEUS DE SÁ ERTHAL

SISTEMA DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA PARA APLICAÇÃO EM TELESSAÚDE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. ORLANDO GOMES LOQUES FILHO, Ph.D.

Niterói-RJ

2011

MATHEUS DE SÁ ERTHAL

SISTEMA DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA PARA APLICAÇÃO EM TELESSAÚDE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação. Área de Concentração: Sistemas de Programação.

Aprovada em 07 de 2011.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. ORLANDO GOMES LOQUES FILHO, PhD - Orientador  
UFF

---

Prof. SÉRGIO TEIXEIRA DE CARVALHO, MSc - Orientador  
UFG

---

Prof. ALEXANDRE SZTAJNBERG, DSc  
UERJ

---

Prof. LEONARDO GRESTA PAULINO MURTA, DSc  
UFF

Niterói-RJ

2011

Com enorme gratidão, dedico este trabalho aos meus pais que me permitiram chegar até aqui.

“*The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it*” „

— Mark Weiser

“*Simplicity is prerequisite for reliability.*” „

— Edsger Dijkstra

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais Tania Mara e Evandro pelo altruísmo e dedicação, do qual fui beneficiado. Ao meu irmão Nathan, meus familiares e à Zete pela constante motivação.

Agradeço com muito carinho à minha princesinha Alice, pelo afeto e pelo apoio, principalmente nos momentos difíceis.

Agradeço pelo companheirismo aos colegas de trabalho e estudo Carlos, Douglas, Giulio, Rodrigo e Troy, e aos amigos dos tempos passados e dos tempos futuros Eduardo, Gustavo e Patrique.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Orlando Loques, pela atenção e pelos ensinamentos. Ao Prof. Alessandro Copetti e ao Prof. Sérgio T. Carvalho, pelos conselhos e pela participação no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ainda aos professores Alexandre Plastino, Anna Dolejsi, Anselmo Montenegro, John Reed, Leonardo Murta, Viviane Torres, e aos outros professores da UFF que desenvolveram seu trabalho com empenho e possibilitaram a minha formação e de meus colegas.

# Lista de Figuras

3.1	SCIADS [12] . . . . .	15
3.2	Estrutura Geral do protótipo . . . . .	16
3.3	Arquitetura em camadas para a comunicação sensor-base . . . . .	18
3.4	Topologia em estrela para a comunicação entre sensores e base . . . . .	19
3.5	Diagrama de Fluxo: evento disparado no Módulo do Plano de Cuidados . .	24
3.6	Arquitetura do Módulo de Gestão do Plano de Cuidados . . . . .	25
3.7	Cenário de comunicação fim-a-fim através de redes e sistemas heterogêneos	28
3.8	Cenário de comunicação fim-a-fim com mudança de meio em tempo de execução . . . . .	28
4.1	Simulador dos sensores . . . . .	35
4.2	Central de Saúde Residencial . . . . .	36
4.3	Dispositivos . . . . .	38
4.4	Diagrama de fluxo: Nova medida de pressão . . . . .	40
4.5	CSR: Interface do profissional de saúde . . . . .	41
4.6	CSR - Interface de cadastro do plano de cuidados . . . . .	42
4.7	CSR - Plano de Cuidados . . . . .	43
4.8	Diagrama de fluxo: Nova mensagem na CSM . . . . .	44
4.9	CSM - Principal interface gráfica . . . . .	45
4.10	CSM - Aplicação de filtro na tabela . . . . .	46
4.11	CSM - Interface gráfica estendida . . . . .	47
4.12	CSM - Interface de cadastro de operadores . . . . .	49
4.13	CSM - Interface de cadastro de pacientes . . . . .	49
4.14	Estrutura de dados da mensagem enviada por <i>socket</i> . . . . .	50
4.15	Comunicação: Arquitetura do .Net Remoting . . . . .	51

# Glossário

ADS	: Assistência Domiciliar à Saúde
API	: Application Programming Interface
CSM	: Central de Supervisão Médica
CSR	: Central de Saúde Residencial
DLL	: Dynamic Link Libraries
DNS	: Domain Name System
FC	: Frequência Cardíaca
GUI	: Graphical User Interface
MAPA	: Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial
MRPA	: Monitorização Residencial da Pressão Arterial
PA	: Pressão Arterial
PAD	: Pressão Arterial Diastólica
PAS	: Pressão Arterial Sistólica
PEP	: Prontuário Eletrônico do Paciente
QoS	: Quality of Service
SCIADS	: Sistema Computacional Inteligente de Assistência Domiciliar à Saúde
SDK	: Software Development Kit
SpO2	: Saturação de oxigênio
SUS	: Sistema Único de Saúde

# Sumário

<b>Agradecimentos</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>vii</b>
<b>Resumo</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação . . . . .	1
1.2 Objetivos . . . . .	2
1.3 Contribuição . . . . .	3
1.4 Organização . . . . .	4
<b>2 Assistência Domiciliar à Saúde</b>	<b>5</b>
2.1 Atores da Assistência Domiciliar à Saúde . . . . .	7
2.2 Aderência do paciente ao tratamento . . . . .	8
2.3 Abordagens do atendimento . . . . .	9
2.4 Conclusões do Capítulo . . . . .	10
<b>3 Abordagem</b>	<b>11</b>
3.1 Computação Ubíqua . . . . .	11
3.2 Sistema Computacional Inteligente de Assistência Domiciliar à Saúde . . .	13
3.3 Aquisição de Dados . . . . .	16
3.3.1 Comunicação Sensor-Base . . . . .	18
3.3.2 Detecção de Alarme . . . . .	19
3.4 Análise dos Dados . . . . .	20
3.4.1 Módulo de Decisão das Medidas de Pressão . . . . .	21
3.5 Plano de Cuidados . . . . .	23

3.5.1	Módulo de Notificação . . . . .	25
3.5.2	Interface de Interação Ativa . . . . .	26
3.6	Comunicação . . . . .	27
3.6.1	Tolerância a Falhas . . . . .	30
3.7	Conclusões do Capítulo . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Protótipo</b> . . . . .	<b>32</b>
4.1	Processo de Desenvolvimento . . . . .	33
4.2	A Central de Saúde Residencial . . . . .	35
4.2.1	Dados Comportamentais . . . . .	36
4.2.2	Dados Fisiológicos . . . . .	37
4.2.3	Módulo de Decisão . . . . .	39
4.2.4	Interface do Profissional de Saúde . . . . .	39
4.2.5	Plano de Cuidados . . . . .	40
4.3	A Central de Supervisão Médica . . . . .	42
4.3.1	Interface Gráfica da CSM . . . . .	43
4.3.2	Interface Estendida da CSM . . . . .	47
4.3.3	Interfaces de cadastro . . . . .	48
4.3.4	Comunicação . . . . .	49
4.4	Conclusões do Capítulo . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Considerações Finais</b> . . . . .	<b>53</b>
5.1	Trabalhos Relacionados . . . . .	53
5.2	Trabalhos Futuros . . . . .	55
5.2.1	Avaliação Experimental . . . . .	57

# Resumo

O aumento da população de idosos, e conseqüentemente, do índice de internações, associado à manutenção da atual política de tratamento centrada no hospital, podem levar a uma superlotação das unidades hospitalares, gerando implicações no custo e na qualidade do tratamento. Como uma possível solução, esta monografia investiga a aplicação do paradigma de computação ubíqua no contexto da assistência domiciliar à saúde, no qual sensores e atuadores operam cooperativamente, permitindo o telemonitoramento de pacientes em tempo real e em ambiente domiciliar. Como prova de conceito, desenvolvemos um protótipo para um sistema de telessaúde capaz de receber medições por parte de sensores sem fio, analisá-las e enviá-las para uma central de saúde, permitindo aos profissionais de saúde o monitoramento remoto da saúde do paciente. Além disso, nossa abordagem busca descobrir situações de alarme, tanto através da análise dos dados quanto por informações fornecidas pelo próprio paciente. Nossa proposta tem como objetivos: possibilitar um monitoramento contínuo e prolongado de pacientes em ambiente domiciliar; promover o autocuidado; aumentar a participação da família no tratamento; e aproximar os profissionais de saúde do paciente. Como resultado esperamos um aumento da aderência do paciente ao tratamento, uma maior humanização do sistema de saúde, e um conseqüente aumento da qualidade de vida para os pacientes.

Palavras-chave: Computação Ubíqua, Telessaúde, Assistência Domiciliar à Saúde

# Abstract

The growth of the elderly population, and consequently, of the hospitalization rate, combined with the current treatment policies centered in hospitals, may result in a overcrowding of hospitals facilities, causing implications on the cost and quality of treatments. As a possible solution, this monograph studies the application of Ubiquitous Computing paradigm in the context of home health care, in which sensors and actuators work together to allow a remote monitoring of patients in real time and in home environment. As a proof of concept, we developed a prototype of a telehealth system, capable of receiving measurements through wireless sensors, analyse them and send them to a healthcare facility, thus the health professionals can monitor remotely the health of the patient. Moreover, our approach seeks to discover alarming situations, both by data analysis and by information provided by the patient himself. Our proposal has as goals: to enable a continuous and lengthy patient monitoring at home; to promote self care; to increase family participation in treatment; and to approach healthcare professionals and patients. As a result we expect to increase patient's adherence in the treatment, a increasing of humanization in health systems and therefore an increase in patient's quality of life.

Keywords: Ubiquitous Computing, Telehealth, Home Health Care

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Motivação

A população de idosos tem crescido nos últimos anos, com a previsão de que ela aumente substancialmente nos próximos vinte anos [36], chegando a 15% da população brasileira em 2050 [18]. Manter a atual política de tratamento de pacientes centrada no hospital poderá levar a uma superlotação das unidades hospitalares, gerando implicações no custo e na qualidade do tratamento de idosos com doenças crônico-degenerativas (e.g., diabetes e doenças cardíacas).

A assistência domiciliar à saúde (ADS), também conhecida pelo termo em inglês *homecare*, pode ser uma solução para este problema, ao permitir que pacientes sejam atendidos por profissionais de saúde em seu ambiente domiciliar. Para o paciente pode significar menos visitas aos consultórios médicos, períodos mais curtos de hospitalização e diminuição do risco de acontecerem situações de emergência [29].

A computação ubíqua permite uma interação do usuário com o sistema através de sensores e atuadores, facilitando a utilização dos sistema o provendo mais serviços. Através da computação ubíqua é possível coletar dados do paciente, mesmo estando em casa, sem que haja a necessidade de informá-los ativamente. Os dados podem ser definidos como: fisiológicos (e.g., pressão arterial, frequência cardíaca), relativos às suas atividades (e.g., caminhando, comendo, dormindo) e relativos ao ambiente doméstico (e.g., temperatura, umidade). A aquisição destes dados e o posterior envio para uma central de saúde, permite o monitoramento remoto do paciente. Este tipo de monitoramento é comumente referenciado na literatura por *telessaúde* (*telehealth*), *telecuidado* (*telecare*), *telemedicina* (*telemedicine*), *telehomecare* ou ainda *home based eHealth* [30].

---

## 1.2 Objetivos

Ambientes domiciliares automatizados são frequentemente denominados como *Smart Homes*, os quais são caracterizados pela utilização, na residência, de sensores e dispositivos de processamento, que permitem o controle automático de atuadores no ambiente. A definição formal de *Smart Home* foi publicada pela Intertrek em 2003 [28] como:

“Uma habitação que incorpora uma rede de comunicação que conecta os aparelhos elétricos essenciais e serviços, e permite que eles sejam remotamente controlados, monitorados ou acessados.”

Atualmente pode-se encontrar, com certa facilidade, dispositivos inteligentes para aumentar o conforto do usuário na sua vida diária. O foco deste trabalho está na criação de uma *Health Smart Home* [45], que propõe a implantação de uma *Smart Home* no cuidado à saúde do paciente.

O projeto Sistema Computacional Inteligente de Assistência Domiciliar à Saúde (SCIADS) [4], no qual este trabalho está inserido, visa prover uma solução computacional para a ADS, baseada em um sistema inteligente de telessaúde. O sistema permite a profissionais de saúde (e.g., cuidadores, enfermeiros, médicos) o acompanhamento remoto e constante de seus pacientes. Este tipo de abordagem pode gerar diversos benefícios para o paciente, como o controle dos sinais vitais de forma contínua, o aumento da aderência ao tratamento e o aumento da qualidade de vida, assim como pode beneficiar instituições hospitalares, como por exemplo, através da redução de custos decorrentes de internações e reinternações.

O objetivo desta monografia é apresentar uma proposta de aplicação da telessaúde no contexto da assistência domiciliar. A proposta tem como abordagem para o problema, o emprego de recursos de computação ubíqua e pervasiva. A título de prova de conceito, implementamos um protótipo que demonstra o telemonitoramento inteligente de pacientes. Seu funcionamento ocorre com o uso de sensores sem fio de propósito médico, cujas medidas (e.g., pressão arterial) são enviadas para uma estação de processamento localizada na residência do paciente. Um módulo de análise verifica a situação de saúde do paciente, cujo resultado, assim como as medidas, são posteriormente enviados para uma central remota de supervisão médica. Um profissional de saúde pode monitorar mais de um paciente ao mesmo tempo na central médica, de maneira que ele possa atuar para atender situações de alarme (e.g., chamando uma ambulância, se comunicando com o

---

médico do paciente). O protótipo contém ainda um plano de cuidados para facilitar ao paciente o cumprimento de suas prescrições.

### 1.3 Contribuição

O início deste trabalho ocorreu dentro do contexto do projeto “Aplicando Técnicas de Computação Ubíqua e Pervasiva à Telessaúde”, desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa entre os anos de 2008 e 2010. Este projeto contou com apoio da FAPERJ<sup>1</sup> e foi desenvolvido no Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense, mais especificamente no Laboratório Tempo [2].

Posteriormente, este trabalho veio a fazer parte do projeto “SCIADS: Sistema Computacional Inteligente de Assistência Domiciliar à Saúde”, que se iniciou em 2010 e está atualmente em andamento. Este projeto, igualmente, conta com o apoio da FAPERJ e é desenvolvido no Laboratório Tempo.

O trabalho produzido por essa monografia gerou diretamente uma publicação no SBRC<sup>2</sup> [12]. O artigo “Monitoramento Remoto de Pacientes em Ambiente Domiciliar” foi aceito no Salão de Ferramentas, no qual houve uma apresentação oral, desempenhada pelo autor desta monografia, além de uma sessão de pôster e uma demonstração pública do protótipo em funcionamento.

Outros artigos publicados também enfocaram questões evidenciadas no desenvolvimento do protótipo: o “Arquitetura de Software para Sistemas Pervasivos de Assistência Domiciliar à Saúde” [13] publicado no WIM<sup>3</sup>, e o “Um Sistema Computacional Inteligente de Assistência Domiciliar à Saúde” [11] publicado e premiado no CBIS<sup>4</sup>.

Em conjunto com o projeto SCIADS, este trabalho foi também apresentado na matéria “Saúde sem fronteiras” publicada na Revista Rio Pesquisa da FAPERJ, da edição de outubro de 2010 [38].

Dentre outros pontos positivos, este trabalho também contribuiu para a aproximação de profissionais de saúde e de computação, dada a natureza interdisciplinar do trabalho, possibilitando não só o aprofundamento desta pesquisa, como novas possibilidades de estudo.

---

<sup>1</sup>Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

<sup>2</sup>XXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos

<sup>3</sup>X Workshop de Informática Médica do CSBC – XXX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação

<sup>4</sup>XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde

## 1.4 Organização

Esta monografia está organizada da maneira a seguir. No Capítulo 2 são relatados problemas que acontecem no ambiente hospitalar e a solução do ponto de vista médico. No Capítulo 3 procuramos mostrar como a computação pode ser inserida neste contexto a título de melhorar o serviço de assistência domiciliar à saúde e reduzir custos. No Capítulo 4 é relatado o resultado concreto da implementação de parte da ideia proposta no Capítulo 3. Finalmente, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões, incluindo trabalhos futuros e trabalhos relacionados.

# Capítulo 2

## Assistência Domiciliar à Saúde

Observa-se um aumento progressivo do índice de hospitalizações após os 60 anos de idade, onde a ocorrência de reinternações é 5 vezes maior do que na faixa etária de 15 a 59 anos [33]. Considerando que o custo de hospitalização por habitante do Sistema Único de Saúde (SUS) é mais alto para esta faixa etária, temos um panorama geral do atual problema de internação no país. A consequência direta do aumento do índice de hospitalizações é a superlotação das unidades, implicando em custos e na perda de qualidade do tratamento, principalmente em relação aos idosos com doenças crônico-degenerativas (e.g., diabetes e doenças cardíacas).

Pesquisas indicam que através da assistência domiciliar à saúde (ADS), ou *home-care*, é possível não só diminuir a ocupação de leitos e a utilização de outros recursos hospitalares, consequentemente reduzindo custos, como também melhorar o tratamento do paciente [21, 29, 36, 48, 49]. Na ADS, em vez do paciente ir para o hospital, o profissional de saúde vai até a sua casa. Segundo Dieckmann (1994) [21]:

“A assistência domiciliar à saúde é a provisão de serviços de saúde às pessoas de qualquer idade em casa ou em outro local não institucional.”

A menção em relação à idade na definição reforça que o serviço não é oferecido exclusivamente ao público idoso (acima de 60 anos). Entretanto, devido à prevalência de doenças crônicas nesta faixa etária, à dificuldade de locomoção, e com o aumento da expectativa de vida, o idoso é o público mais propenso à utilização da ADS. No Hospital São Francisco, uma das localidades onde a ADS já foi implantada, o público idoso correspondeu a 70% entre os anos de 2001 e 2002 [24].

No Brasil há ainda pouca documentação sobre implantações da assistência em domicílio, ao contrário de outros países, especialmente nos Estados Unidos da América

---

(EUA). O aumento da tendência em relação a esse tipo de tratamento decorreu de um alto índice de doenças infecto-contagiosas nos EUA desde a metade do século XIX, marcando o surgimento das enfermeiras visitantes e a ênfase do caráter preventivo da assistência domiciliar [36]. No Brasil a iniciativa de se empregar a ADS foi do Hospital do Servidor Público do Estado de São Paulo em 1969, contudo, a expansão do serviço só veio a ocorrer no fim da década de 1980 e início da década de 1990, conforme o SUS começou a incorporá-lo em algumas cidades do país [24].

Um dos benefícios da ADS é a diminuição dos riscos de infecção, cujas taxas são altas devido à contaminação hospitalar. O uso da ADS faz com que as chances de infecção tendam a zero [36]. Esta característica é importante, dado que a infecção pode ser letal para pacientes com determinadas doenças, como por exemplo a doença pulmonar obstrutiva crônica.

Além da diminuição dos riscos de contaminação, através da ADS também é possível aumentar a autonomia e a privacidade do paciente. O aumento da autonomia do paciente e da família é promovido conforme a(o) enfermeira(o) orienta o paciente em seu tratamento, promovendo o autocuidado. O autocuidado representa a habilidade do paciente e da família em aprenderem a lidar com as sequelas da patologia básica e com o agravamento, diminuindo assim, com o tempo, a necessidade dos serviços de profissionais de saúde.

O monitoramento das medidas do paciente, feitas de maneira autônoma em seu ambiente domiciliar pode, inclusive, gerar uma maior confiabilidade nos dados, uma vez solucionados os problemas de precisão dos dispositivos. Se evitaria desta maneira o Efeito do Avental Branco (ou Hipertensão do Avental Branco), situação na qual as medidas do paciente variam demasiadamente quando feitas no consultório médico, porém são normais quando feitas na casa do paciente. No caso da pressão arterial sistólica (PAS) pode variar em até 20mmHg e a diastólica (PAD) em 10mmHg [47].

Nesse mesmo sentido, a ADS permite também um maior contato do paciente com sua família, diminuindo o estresse que o hospital costuma causar. Essas vantagens trazem, na prática, um aumento da qualidade de vida do paciente. Em Nobre (2005) [40] é definida a qualidade de vida como:

“Sensação íntima de conforto, bem-estar ou felicidade no desempenho de funções físicas, intelectuais e psíquicas dentro da realidade da sua família, do seu trabalho e dos valores da comunidade à qual pertence.”

---

Esta é uma definição geral, porém oferece um parâmetro para a medição da qualidade de vida. Promover um aumento da qualidade de vida na ADS significa fazer com que o paciente volte a ter a vida que tinha antes da doença, ou seja, com sua independência funcional e plena reinserção em sua comunidade.

São consideradas boas práticas da administração hospitalar a redução dos custos e a promoção de uma assistência mais humanizada, em especial aos idosos, pacientes crônicos e terminais. O termo “humanizada” se refere ao tratamento com respeito em relação ao paciente e com reconhecimento de seus direitos [20]. Através do modelo da ADS, proposta em oposição à tendência centrada no hospital, é possível alcançar esses dois objetivos, uma vez que o tratamento passa a ser focado na prevenção dos riscos e agravos da doença, assim como na promoção da saúde, ao contrário da prioridade na recuperação da saúde dos pacientes [48].

## 2.1 Atores da Assistência Domiciliar à Saúde

O primeiro e principal ator é o paciente, cujo cuidado, atenção, ou tratamento é provido por parte de um profissional de saúde. Profissional de saúde é o termo empregado para designar um profissional da área de ciências da saúde, podendo ser médica(o), enfermeira(o), fisioterapeuta, dentista, psicóloga(o), etc. Na telessaúde este termo é comumente utilizado para referenciar enfermeiras(os) ou médicas(os), no entanto, não está excluída a participação de outros profissionais, respeitadas as suas competências.

Um outro ator de relevância nos sistemas de telessaúde é o cuidador, cujo papel é prover assistência pessoal a um paciente idoso, ou incapaz de realizar uma ou mais funções em específico. Essa assistência pode ser ajudá-lo a fazer medidas, a tomar medicamentos, a fazer exercícios, ou até a executar tarefas corriqueiras da vida diária, como tomar banho ou se alimentar. Essa função pode ser desempenhada tanto por um profissional de saúde, quanto por uma pessoa treinada. São mais propensos a exercer o papel de cuidador: cônjuges, familiares próximos, amigos(as) e pessoas que vivem juntas. São chamados de cuidadores informais todos aqueles que desempenham esta função e, no entanto, não são profissionais de saúde [6].

Na ADS a família representa não só os familiares, como qualquer pessoa identificada com o paciente, que possua interesse, capacidade e disponibilidade para cuidar [36]. Assim, esse conceito mais flexível de família é diferente do tradicional. Em outras palavras, é possível, por exemplo, que um vizinho seja a pessoa da “família”.

---

Na abordagem adotada para a concepção do nosso protótipo de um sistema de assistência domiciliar, como veremos no Capítulo 3, são utilizadas essas separações de conceitos. É importante que o paciente, em um sistema de telessaúde, tenha uma participação claramente definida e distinta da participação do profissional de saúde que o acompanha, assim como o cuidador, o qual deve também atuar de maneira diferente no sistema.

## 2.2 Aderência do paciente ao tratamento

É comum que o paciente, após receber sua prescrição de tratamento, não a siga com o devido rigor. Contudo, tal situação não deve ser encarada com naturalidade, uma vez que a falta de disciplina pode comprometer o tratamento [26]. Por este motivo, é um desafio para médicos(as) e enfermeiros(as) garantir a aderência (ou adesão) do paciente ao tratamento.

A aderência pode ser descrita como o comprometimento do paciente com o tratamento. A aderência é considerada baixa quando o paciente não entra no programa de tratamento, quando sai prematuramente, ou ainda quando implementa suas instruções de forma incompleta [8]. As taxas de aderência estão em torno de 50% para medicações e muito mais baixas para prescrições em relação ao estilo de vida e ao comportamento, e piora com regimes de longa duração (maiores do que 2 semanas) [26]. A Organização Mundial da Saúde (OMS) [46] adota como definição para aderência:

“A medida em que o comportamento de uma pessoa – tomando medicação, seguindo dieta e/ou mudando estilo de vida – corresponde com as recomendações de um profissional de saúde.”

A aderência do paciente às prescrições médicas não se refere somente ao controle da medicação, e sim a diversos tipos de tratamento. Pode ser a respeito de uma medicação que o paciente deve tomar em intervalos regulares, a respeito de alguma medição (e.g., pressão arterial, peso, glicose) que o paciente deve fazer, de uma restrição ou recomendação em relação à sua alimentação, de um exercício físico, dentre outros. Uma baixa aderência pode também ter outro motivo: o paciente pode tomar doses maiores do medicamento, ou com uma maior frequência do que a prescrita.

Um paciente que deixa de tomar uma ou mais pílulas prescritas em uma semana já sinaliza um problema de baixa aderência. A baixa aderência pode ser identificada por

---

profissionais da saúde por mais de uma maneira: perguntando ao paciente; observando uma falta de resposta à intensificação do tratamento; ou ainda, de maneira mais objetiva, analisando o nível da droga em fluidos corporais (e.g., sangue, saliva, ou urina). Entretanto, essas medições podem ser errôneas, pois dependem da dose e do tempo, além disso podem ser enganosas pois o paciente pode tomar a medicação logo antes da consulta. Da mesma maneira, perguntar para o paciente nem sempre ajuda, uma vez que este pode superestimar sua aderência, para agradar os profissionais e/ou para evitar confrontos [26].

A aproximação entre o profissional de saúde e o paciente promove um aumento da aderência ao tratamento, inclusive em regimes de longo prazo. Haynes (2002) [26] ressalta a importância da notificação e da organização das prescrições de medicamentos e compromissos como formas de aumentar a aderência, e inclui ainda o apoio social da família e amigos do paciente no tratamento (caso o paciente permita).

Por meio de sistemas de telessaúde, é possível aumentar a aderência do paciente ao tratamento, considerando a ADS e os seus benefícios. O Capítulo 3 discute como um sistema de assistência domiciliar pode prover mecanismos para facilitar a aderência.

## 2.3 Abordagens do atendimento

A ADS funciona através de visitas profissionais periódicas ao domicílio do paciente, em conjunto com uma central telefônica para, principalmente, atender emergências. Existem diferentes abordagens para a ADS. Em Popovick e Schaffer (1997) [25] há uma divisão simplificada em Intervenção de Curto Prazo (*Short-term Intervention*) e em Intervenção de Longo Prazo (*Long-term Intervention*).

Atualmente tem-se tornado comum a classificação do atendimento de ADS em três modalidades: visita domiciliar, atendimento domiciliar e internação domiciliar. Cada uma das modalidades tem suas características em particular, como a frequência das visitas, o treinamento que o paciente e sua família devem receber, a prioridade de atendimento, o tipo de equipe que visitará o paciente, etc. Segundo Lopes e Oliveira (1998) [34, 36, 52], no Hospital Nossa Senhora da Conceição, do Grupo Hospitalar Conceição, no Rio Grande do Sul, são utilizados conceitos da ADS e implementa-se as 3 modalidades acima citadas.

As modalidades de atendimento podem ser definidas como:

**Atendimento domiciliar** Para pacientes com doença aguda, que estejam temporariamente com problemas para ir à unidade de atendimento.

---

**Internação domiciliar** Para pacientes com doença aguda, que exijam maior atenção. Esse tipo de paciente necessita de um acompanhamento diário da unidade de atendimento, e de um acompanhamento da família.

**Acompanhamento domiciliar** Para pacientes que necessitem de contatos frequentes e programáveis, como pacientes com doença crônica, idosos com dificuldade de locomoção, morando sozinhos, ou pacientes terminais.

Como será visto no Capítulo 3, a utilização de sistemas de computação ubíqua permitem uma redução de custos tanto em tratamentos de curto prazo (pela redução de pessoal no local), quanto para tratamentos de longo prazo (pela redução de número de custosas reinternações e visitas a salas de emergência).

Do ponto de vista da classificação do atendimento em três modalidades, como apresentado, focamos no Atendimento domiciliar e no Acompanhamento domiciliar, tanto na concepção do protótipo apresentado no Capítulo 4 dessa monografia, quanto no projeto do sistema de telessaúde como um todo. A vantagem da utilização de um sistema de telessaúde no primeiro está no fato de eximir o paciente da necessidade de locomoção, dado que este tipo de sistema permite o monitoramento remoto e a comunicação entre o paciente e o profissional de saúde. Em relação ao segundo, o sistema é especialmente útil por permitir o acompanhamento do paciente de forma constante e por um longo período de tempo.

## 2.4 Conclusões do Capítulo

Neste Capítulo definimos, classificamos e mostramos a importância da aplicação da ADS em conjunto com os serviços prestados pela rede de saúde, porém mudando o foco do tratamento para a prevenção. Identificamos como é possível através de algumas ações, tais como, a promoção do autocuidado, o aumento da participação dos familiares, e a aproximação do médico e do paciente, aumentar a aderência do paciente ao tratamento e melhorar sua qualidade de vida.

No Capítulo que se segue, uma proposta é apresentada para contribuir na implantação da ADS, com, inclusive, uma melhoria dos serviços prestados. Uma questão importante nesse contexto é: como, utilizando tecnologias de comunicação e de sensores, é possível implementar um sistema capaz de auxiliar no cuidado do paciente?

# Capítulo 3

## Abordagem

A abordagem adotada nesta monografia foi utilizar a computação ubíqua, ou pervasiva, como meio de implementar a ADS. Em adição aos serviços que a ADS pode prover, a tecnologia de computação ubíqua pode ser inserida nesse contexto a título de melhorar a usabilidade do serviço por parte do cliente (paciente).

Neste Capítulo levantamos alguns importantes componentes presentes em um sistema de telessaúde para a implantação da ADS. Tratamos como a computação ubíqua se insere neste contexto, a respeito de aquisição de dados (Seção 3.3), análise dos dados (Seção 3.4) e comunicação entre as entidades do sistema (Seção 3.6). Ademais, apresentaremos o projeto Sistema Computacional de Assistência Domiciliar à Saúde (SCIADS), no qual este trabalho está inserido (Seção 3.2).

### 3.1 Computação Ubíqua

A computação ubíqua foi primeiro imaginada pelo pesquisador Marc Weiser em 1991 [56]. Pelo dicionário, o termo “ubíquo” significa “omnipresente”, “em todos os lugares ao mesmo tempo”. A ideia central da computação ubíqua consiste em transcender o acesso à computação, feita atualmente através de estações de trabalho e computadores pessoais, e tornar-se pervasiva [19]. Weiser vislumbrou a computação habitando os objetos mais triviais, como canetas, interruptores de luz, etiquetas de roupa, etc., tornando a interação com o computador invisível.

Usabilidade não pode ser definida como uma propriedade unidimensional da interface do usuário, mas, segundo Nielsen (2003) [39], o grau de usabilidade de um sistema é tradicionalmente associado a cinco atributos: facilidade de aprendizado, facilidade para lembrar a execução de uma tarefa, eficiência, taxa de erros e satisfação. Os três primeiros

---

podem ser facilmente alcançados pela computação ubíqua, considerando que o usuário não necessitará saber se está interagindo com o sistema e nem gastará tempo com isso. O quarto atributo (taxa de erros) está relacionado à quantidade de erros no sistema causados pelo usuário, entretanto, este estudo está fora do escopo deste trabalho. E, por último, a satisfação do usuário será buscada pela implantação da ADS, que visa, inclusive, um aumento da qualidade de vida do paciente.

Através da computação ubíqua pode-se conseguir uma interação do usuário com o sistema de maneira intuitiva, além de possibilitar novas formas de interação que antes não eram possíveis, como veremos na Seção 3.3. No contexto da saúde, como abordamos, um paciente poderia ter seus sinais vitais constantemente sendo monitorados, sem que afete suas atividades da vida diária. Desta maneira, a usabilidade é a propriedade fundamental da computação ubíqua.

Vale ressaltar dois outros conceitos relacionados à computação ubíqua: a computação pervasiva e a computação móvel. A computação móvel, a qual é mais conhecida e difundida, envolve a utilização de recursos computacionais independente da localização do usuário, como, por exemplo, através de *tablets*, celulares, *smartphones*, *notebooks*, etc. Através da computação móvel o computador passa a ser um dispositivo sempre presente na vida do usuário. A limitação da computação móvel está no fato do computador não se adaptar ao contexto do ambiente, exigindo que o próprio usuário configure manualmente o dispositivo, conforme ele muda de ambiente.

A computação pervasiva<sup>1</sup>, ao contrário da móvel, possui pouco grau de mobilidade, entretanto permite o reconhecimento de serviços e recursos computacionais no ambiente, de maneira transparente, ou invisível, para o usuário. A computação pervasiva é capaz de conhecer o contexto e se adaptar a ele, ajustando e configurando a aplicação para melhor atender às necessidades dos dispositivos ou usuários.

Aproveitando as melhores características da computação móvel e da computação pervasiva, surge a computação ubíqua, que reúne mobilidade, reconhecimento de contexto e adaptabilidade. A computação ubíqua permite que, enquanto um usuário muda de ambiente, ou que o ambiente em que o usuário está inserido mude, serviços possam ser configurados dependendo da sua necessidade [19]. Por essas características, a computação ubíqua é o conceito mais apropriado para nosso trabalho.

São três os princípios seguidos pela computação ubíqua [19]:

---

<sup>1</sup>A palavra “pervasiva” foi adaptada da palavra “*pervasive*”, cuja origem está na língua inglesa. Devido ao comum uso na literatura, será utilizada nesta monografia com o mesmo sentido.

---

**Diversidade** De maneira geral, os computadores desempenham diversas tarefas, enquanto que os dispositivos ubíquos se concentram em uma atividade, ou seja, são de propósito específico. A diversidade dos dispositivos faz com que uns sejam melhores para certas tarefas do que outros. Por exemplo, a televisão é um bom dispositivo para a apresentação de informações, no entanto não é boa para a escrita.

**Descentralização** As responsabilidades devem ser distribuídas entre os vários dispositivos, que assumem e executam tarefas e funções. Essa cooperação se dá através de uma rede de relações, formada entre os dispositivos e os servidores do ambiente, caracterizando um sistema distribuído.

**Conectividade** Na computação ubíqua, os dispositivos e a aplicação se movem junto com o usuário, inclusive através de redes heterogêneas. Para implementar esse alto nível de conectividade, deve-se procurar a interoperabilidade entre os dispositivos, que pode ser alcançada através do uso de padrões comuns.

Na próxima Seção veremos a aplicação da computação ubíqua no contexto da telessaúde. O projeto SCIADS procura implantar estes conceitos a fim de uma melhoria nos serviços providos pela ADS.

## 3.2 Sistema Computacional Inteligente de Assistência Domiciliar à Saúde

O idoso, que representa o público de maior interesse nesta abordagem, a cada dia possui uma maior independência, ou seja, cada vez é mais comum encontrar idosos morando sozinhos. Nem sempre o idoso possui um acompanhamento de perto de seus familiares, para, entre outras coisas, socorrê-lo em uma necessidade.

São diversas as alternativas de ambiente para o cuidado do idoso, dependendo do tipo de tratamento que ele deve receber, da frequência, da possibilidade de pagamento, etc. Dentre estes ambientes, podemos citar: o hospitalar, o asilar, o domiciliar através de um(a) profissional de saúde contratado(a) e o domiciliar através da ADS. No Capítulo anterior discutimos os benefícios da ADS em relação a estes ambientes (considerando o ambiente asilar uma instituição tal qual o hospitalar, para simplificar).

Dos problemas que estas soluções podem acarretar (excluídos os atendimentos domiciliares), podemos citar:

- 
- alto custo decorrente de ocupação de espaço na instituição;
  - alto custo decorrente de recursos gastos com o paciente;
  - estresse por conta do ambiente hospitalar;
  - baixa privacidade;
  - e afastamento dos familiares.

Não raro o cuidado ao idoso é promovido através da contratação de um profissional de saúde para trabalhar em tempo integral ou parcial em sua casa. Entretanto, esta solução traz altos custos para o paciente, em termos da manutenção de tal funcionário, e ocasiona uma invasão de privacidade do paciente e seus familiares, causada pela presença física do profissional de saúde nas dependências particulares do paciente.

A ADS, como vimos, consegue amenizar os problemas levantados acima, uma vez que permite a diminuição de custos associados à localização do paciente, à diminuição de recursos gastos, e por permitir seu tratamento em ambiente domiciliar, inclusive com a participação de seus familiares [36, 24]. Entretanto, ela ainda tem que lidar com a limitação de horários dos profissionais, em especial nos casos onde o paciente precisa de uma maior atenção, como, por exemplo, pacientes sob internação domiciliar.

Além disso, a ADS também tem que enfrentar o problema de logística. Por exemplo, ao se visitar uma comunidade, vários pacientes das localidades podem ser atendidos, inclusive aqueles que possuem menor grau de prioridade na fila de atendimentos. Ampliando os domínios da ADS para, não só os pacientes de um hospital, mas para os de toda uma rede de hospitais, a logística também se configura como um problema a ser resolvido.

Em resposta a essas questões, o projeto SCIADS [12, 16, 11] visa prover uma solução computacional para a ADS, através do monitoramento inteligente de pacientes. O sistema permite a profissionais de saúde o acompanhamento remoto e constante de seus pacientes.

Como representado na Figura 3.1, o paciente é monitorado em sua casa por diversos sensores distribuídos no ambiente e por sensores vestíveis. Os sensores vestíveis são capazes de adquirir diversos dados sobre o paciente, como: pressão arterial, peso, atividade física (“movimentos”), etc. Já os sensores no ambiente são capazes de adquirir informações referentes ao domicílio do paciente (e.g., temperatura, umidade, presença de gás, fogo). No mesmo local encontra-se também instalado o software da Central de Saúde

Residencial (CSR), que, como apresentado na Figura 3.1, inclui dois componentes independentes: o Módulo de Análise (também chamado de Módulo de Inteligência, ou Módulo de Decisão) e o Módulo de Gestão do Plano de Cuidados. Na Figura 3.1 foi representada ainda a comunicação da CSR com a Central de Supervisão Médica (CSM) por uma seta bidirecional. Um dos fluxos da seta significa a passagem de dados, e o resultado da análise sobre os mesmos, da CSR para a CSM, como as medidas feitas pelo paciente. O fluxo contrário significa a passagem de controles da CSM para a CSR, como a entrada de uma prescrição no plano de cuidados.

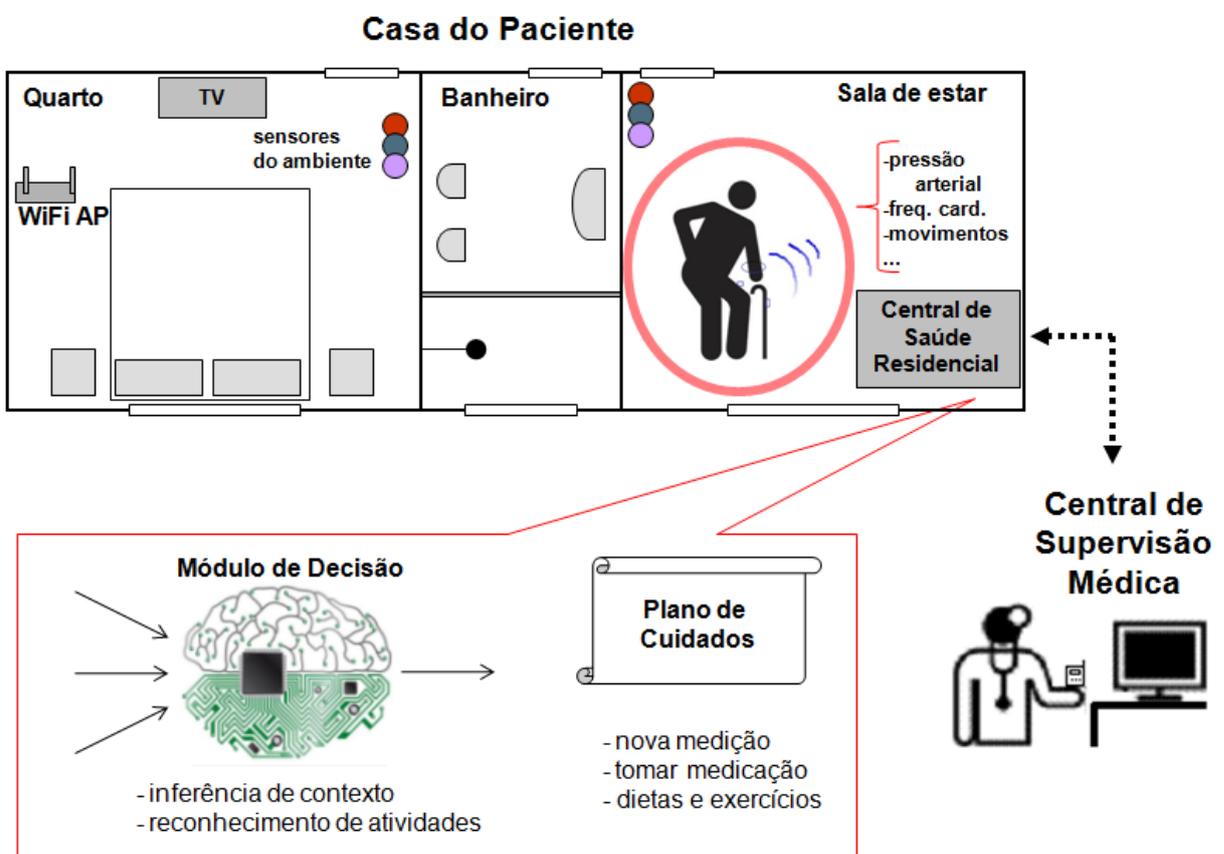


Figura 3.1: SCIADS [12]

Através dessa estrutura inteligente, adaptada à casa do paciente, podem ser monitorados riscos em potencial, tais como inundações, incêndio, vazamento de gás, dentre outros. Há inclusive a possibilidade de o sistema alertar os cuidadores para o caso de uma pessoa com demência deixar a casa, ou uma área definida, por exemplo. Na Figura 3.1 estes sensores estão representados pelos sensores do ambiente. Esta parte, relacionada ao estudo de monitoramento do ambiente, não foi tratada neste trabalho, sendo definida como um trabalho futuro do nosso grupo de pesquisa.

A Figura 3.2 mostra a estrutura geral do protótipo, ilustrando a execução comum

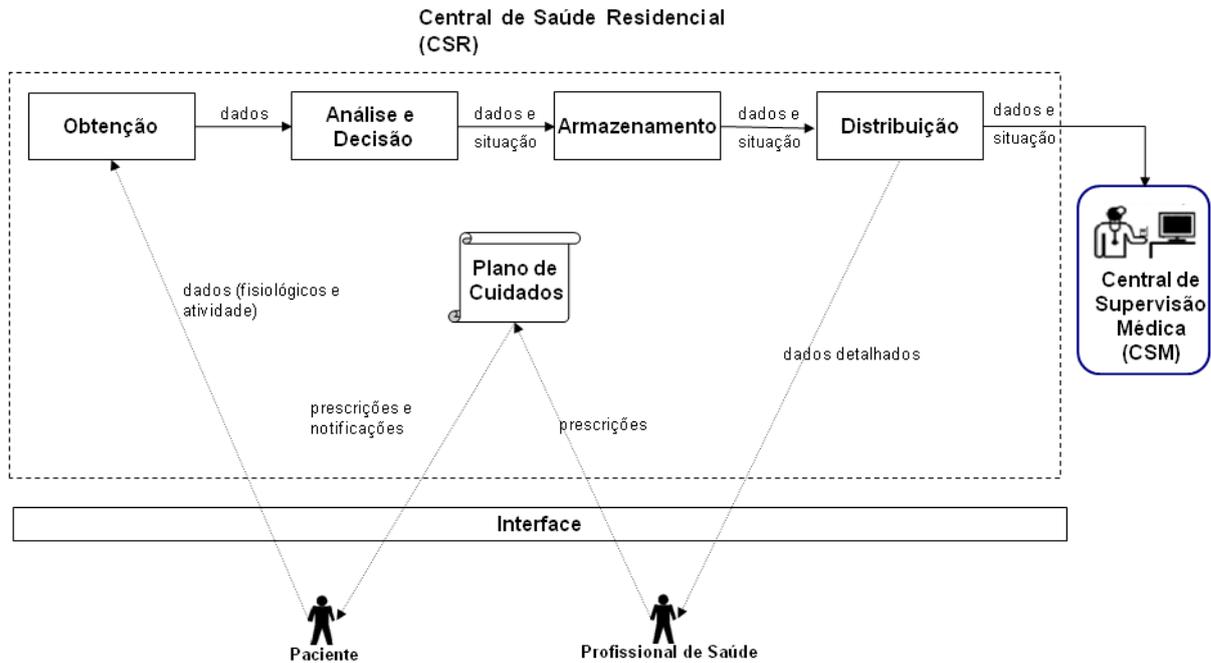


Figura 3.2: Estrutura Geral do protótipo

do sistema. Através de uma interface, um profissional de saúde faz prescrições ao paciente no seu plano de cuidados (Seção 3.5) e, ao chegar a hora, o paciente é notificado (Subseção 3.5.1); a seguir, o sistema obtém as medições que o paciente faz e a sua atividade informada (Seção 3.3); na análise, um mecanismo de inteligência artificial inferirá a situação de saúde do paciente (Seção 3.4); os dados e a situação são então persistidos; e, ao final, enviados para a CSM (Seção 3.6), onde o profissional de saúde terá acesso.

### 3.3 Aquisição de Dados

Em um ambiente pervasivo, diversos sensores podem adquirir informações sobre o ambiente, como: luminosidade, temperatura, presença de pessoas, fumaça, etc, e após algum processamento, atuadores podem interagir com o ambiente, a fim de prover um maior conforto, dentre outros benefícios.

Informações relevantes segundo a ótica médica poderiam ser inferidas a partir dos dados coletados, permitindo que se descubra mudanças no estado do paciente. Os dados coletados podem ser classificados como:

**Ambientais** Envolve a utilização de sensores no ambiente para descobrir: a temperatura, umidade, fumaça, fogo, luminosidade, etc. Outros sensores poderiam ainda monitorar o fogão, ou outro eletrodoméstico, que possa oferecer risco ao paciente.

---

A utilização desses sensores pode ser escolhida conforme a necessidade do paciente. Por exemplo, se o paciente possui uma doença que o deixe mais propenso a cair, talvez seja interessante usar um sensor de piso molhado.

**Fisiológicos** Envolve equipamentos, sensores e dispositivos acoplados ao corpo do paciente, formando uma *Wireless Body Area Network*. É possível coletar diversos dados fisiológicos do paciente, como pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), saturação de oxigênio no sangue (SpO<sub>2</sub>), peso, altura, temperatura corporal, dentre outros.

**Comportamentais** Envolve a utilização da rede de sensores para se descobrir padrões de comportamento do paciente. Dentre os tipos possíveis de comportamento, procuramos inferir a atividade do paciente, que pode ser dormindo, em repouso, comendo, fazendo uma atividade doméstica, etc. Outras informações relativas ao comportamento poderiam também ser descobertas, como, a frequência de idas ao banheiro do paciente, por exemplo.

Diferentes tipos de sensores podem ser combinados para se adquirir uma informação em específico sobre o paciente.

Os sensores que atuam no ambiente, assim como os vestíveis, devem ser dispostos de maneira imperceptível para o usuário. Assim, um dos desafios na computação ubíqua é tornar os sensores pequenos e não incômodos, tanto para o portador (no caso de sensores vestíveis), quanto para o ambiente no qual eles são dispostos. A dificuldade em se construir baterias pequenas e eficientes é uma das limitações dessa abordagem, em especial se considerarmos o alto consumo de interfaces de rede sem fio (e.g., WiFi, Bluetooth, ZigBee), amplamente usadas no contexto da computação ubíqua. No entanto, o desenvolvimento de novas tecnologias para os dispositivos eletrônicos, menos dispendiosas em termos de energia, além de técnicas de economia de energia, têm superado este problema [53].

Um sensor pode estar acoplado a um processador, ou não. Caso esteja, então é possível ainda efetuar um processamento antes de enviar as informações para uma interface que esteja escutando o meio. Por exemplo, se um termômetro está medindo a temperatura do paciente constantemente, ele pode decidir só enviar o valor (ou um alerta) para o receptor quando ultrapassado um limite previamente estipulado. Um outro exemplo seria implementar uma rede *ad hoc*, com uma política de roteamento entre os dispositivos, de maneira que a medida conseguisse chegar ao seu destino diretamente ou através de outros dispositivos que podem ter acesso. Já um “sensor burro” apenas enviaria a medida

para quem estivesse escutando. Não necessariamente o método com processador é o mais dispendioso em termos de energia, uma vez que gasta-se mais com o processamento, mas economiza-se na interface de rede. Mas pode ser o mais dispendioso em termos de espaço e peso.

### 3.3.1 Comunicação Sensor-Base

A comunicação entre um determinado sensor e a aplicação obedece uma arquitetura em camadas. Na Figura 3.3 foi representada essa comunicação, onde o sensor possui uma capacidade de processamento. Na representação, o sensor envia não só seus valores, mais também outras informações, como por exemplo a identificação do sensor e o nível da bateria.

#### Comunicação entre sensores e aplicação



Figura 3.3: Arquitetura em camadas para a comunicação sensor-base

Na proposta apresentada para a comunicação entre os vários sensores e a estação base utiliza-se um modelo de topologia em estrela, que permite que todos os sensores se comuniquem com a base diretamente, como na Figura 3.4, simplificando esta comunicação. A base possui uma interface de entrada para receber os dados dos sensores, chamada *gateway*, que implementa a mesma tecnologia de rede que os sensores. Nessa figura, o *gateway* está representado como uma antena. Como apenas um tipo de tecnologia de rede foi usado na implementação, não foi necessária a utilização de várias interfaces de rede.

Na arquitetura do sistema, o *gateway* é responsável por receber os dados advindos de sensores e outros dispositivos. Ele deve ainda reconhecer qual dispositivo enviou a mensagem e qual o tipo de dado que recebeu, armazenar em uma estrutura de dados do sistema e, finalmente, informar ao sistema sobre este evento.

## Topologia Estrela

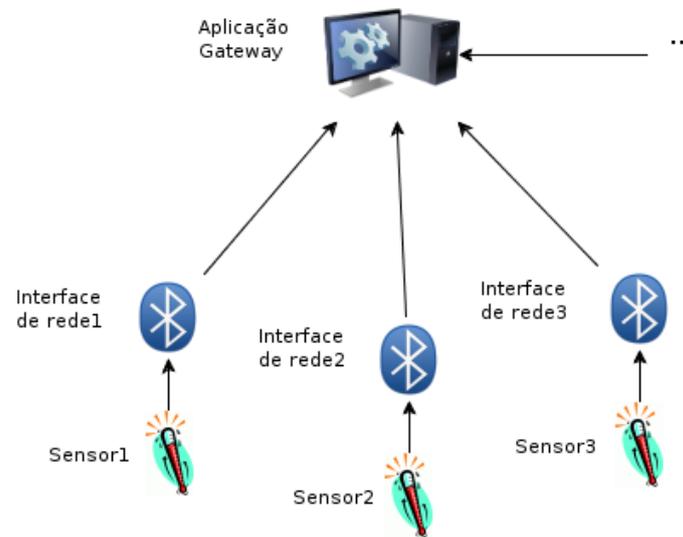


Figura 3.4: Topologia em estrela para a comunicação entre sensores e base

### 3.3.2 Detecção de Alarme

A identificação de uma situação de emergência, alerta <sup>2</sup>, ou de periculosidade pode ocorrer de três maneiras distintas: pela identificação por um profissional de saúde, por informação do próprio paciente, ou através de um sistema computacional. Nos casos em que o paciente informa, ou que o sistema infere uma situação de emergência, um profissional de saúde deve sempre ser avisado deste acontecimento e em tempo real. O simples armazenamento desta informação não se configura como uma funcionalidade útil dentro de um sistema de telessaúde.

Uma forma de se identificar uma situação de emergência, é através da avaliação médica presencial, onde o profissional de saúde diagnostica esse resultado pessoalmente. Outra maneira seria através de um sistema de monitoramento remoto, onde o profissional de saúde acompanha medições sendo feitas no paciente em tempo real. Uma vez que este profissional tem acesso ao histórico do paciente, pode identificar uma situação anômala.

O paciente pode informar o alarme, requisitando atendimento ao apertar um botão de pânico que carregue consigo, que esteja no ambiente, ou ainda através da interface de software. Essa notificação deve ir para a central remota, que vai tomar as devidas providências. Uma situação menos alarmante poderia ser um botão do tipo “estou me sentindo mal”, que se configurasse como um alerta para o profissional de saúde. Existem

<sup>2</sup>Neste trabalho, os alertas e as emergências são denominados 'alarmes'.

---

ainda outros botões que poderiam identificar uma situação grave, ou de periculosidade, por conter informações importantes dentro do contexto da doença do paciente, ou seja, o paciente pode anunciar o aparecimento de um sintoma característico. Por exemplo, pacientes com insuficiência cardíaca podem sofrer edemas nos membros inferiores antes do edema se expandir para dentro dos pulmões e abdome. Para estes pacientes poderia então haver um botão “perna inchada”, que permitiria aos profissionais de saúde identificar rapidamente o evento e tomar uma providência, como receitar um diurético [7].

Nos casos onde o paciente possui um estado de maior gravidade, esse monitoramento pode ser feito através da confirmação de segurança. Nessa abordagem o paciente clica em um botão do tipo “estou bem”, em intervalos de tempo previamente combinados, e a seguir essa notificação é enviada para uma central de monitoramento. Se o paciente não clica no botão no tempo combinado, isto pode ser tomado como uma requisição passiva para contato. A contrapartida desta alternativa é a quantidade de falsos negativos que pode ser gerada no caso do paciente se esquecer de apertar o botão ou atrasar-se em apertá-lo.

Por último, a identificação de uma situação de emergência se dá através de um sistema computacional quando o próprio sistema infere uma possível situação do paciente. Utilizando sensores para coletar as medidas, e regras médicas para processá-las, é possível se identificar esse tipo de situação com certo grau de confiabilidade. A implementação das regras médicas pode ser simples, por exemplo, se a regra for apenas uma limitação em uma faixa de valores. Por outro lado, as regras médicas podem alcançar elevados níveis de complexidade: o desenvolvimento de um Módulo de Decisão pode incluir a avaliação de mais de uma variável concomitantemente, cujos valores não são apenas verdadeiro ou falso. Um Módulo de Decisão como este será apresentado na Subseção 3.4.1.

A técnica de identificação de situações de emergência não exclui a participação o profissional de saúde, e deve ser vista como um recurso adicional para realçar anormalidades no estado do paciente.

### 3.4 Análise dos Dados

Um dos componentes do sistema, o Módulo de Análise, é responsável pela análise dos dados advindos do *gateway*. Esse componente possui um conjunto de regras que são aplicadas sobre os dados com o objetivo de extrair informações e tomar decisões. O Módulo de Decisão apresentado na Figura 3.1, para pacientes com hipertensão, está incluso no

---

Módulo de Análise, e é descrito na Subseção 3.4.1.

Considere o seguinte exemplo: o paciente com insuficiência cardíaca necessita de constante monitoramento, e seu peso deve sempre ser medido. Uma variação considerável de peso em um curto espaço de tempo (no decorrer de dias, ou poucas semanas) pode ser um indicativo de piora do estado de saúde do paciente [9]. O peso do paciente pode ser medido através de uma balança agregada ao sistema.

O Módulo de Análise é responsável pela inteligência do sistema. Técnicas de Inteligência Artificial podem ser exploradas na implementação do módulo. Através de um sistema baseado em regras, por exemplo, podem ser tratados os problemas relacionados à tomada de decisão.

### 3.4.1 Módulo de Decisão das Medidas de Pressão

As doenças relacionadas à pressão arterial, incluindo a hipertensão e a insuficiência cardíaca, são responsáveis por uma alta frequência de internações. A hipertensão, doença que este módulo foca, está presente em 60% do público idoso, no Brasil [43].

Sendo uma doença crônica, a hipertensão necessita de um cuidado prolongado, justificando a utilização de um sistema de monitoramento remoto. Além disso, o paciente pode sofrer ataques, necessitando portanto que se descubra situações de alarme.

Dentro do contexto do SCIADS foi desenvolvido, como parte da tese de doutorado (Copetti, 2010) [16], o Módulo de Decisão capaz de inferir a situação do paciente baseado nas medidas de PA, onde a situação do paciente é uma classificação do estado de saúde do mesmo, podendo ser (em ordem crescente de periculosidade): normal, alerta ou emergência.

O Módulo de Decisão foi implementado na linguagem de programação C e utiliza um modelo de Inteligência Artificial em lógica *fuzzy* (ou lógica difusa), e compreende parte do trabalho da tese acima citada. A lógica *fuzzy* estende a lógica booleana uma vez que permite a modelagem de variáveis com graus de verdade. Enquanto a lógica booleana se baseia em declarações de verdadeiro e falso, na lógica *fuzzy* uma variável pode assumir qualquer valor entre 0 e 1, representando a pertinência de verdade. Esta característica da lógica *fuzzy* a torna uma boa ferramenta para modelar o conhecimento médico, o qual não pode simplesmente ser modelado através da lógica booleana.

Tal como foi representado na Figura 3.1, o Módulo de Decisão tem como parâmetros de entrada dados fisiológicos, de atividade, ambientais e pessoais do paciente. Os

---

dados fisiológicos são as medidas de PA e FC coletadas por medidores apropriados. Para os dados de atividade foram considerados cinco níveis, definidos como (em ordem crescente de intensidade): dormindo, em repouso, comendo, caminhando e fazendo atividade doméstica. Em relação aos dados ambientais, diversos fatores podem ser incluídos, como a umidade, temperatura, luminosidade, ruído, etc. Entretanto foi selecionada apenas a temperatura, pois exerce a maior influência sobre a PA, além de ser de fácil obtenção [16].

Os dados pessoais, por fim, representam as informações particulares do paciente usadas pelo módulo. Estes dados permitem uma individualização da inferência, importante nesse tipo de sistema. São utilizadas as médias de PAS e PAD do paciente. Estas médias são o valor em torno do qual varia a pressão do paciente. Por exemplo, certos pacientes têm a média de PA mais alta, então, não necessariamente, um valor alto de PA é uma situação de emergência para um paciente em específico. A identificação dessa média pode ser feita através de um exame da Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA) [37] ou da Monitorização Residencial da Pressão Arterial (MRPA).

O exame de MAPA utiliza um medidor de pressão acoplado ao paciente durante 24 horas, fazendo medições a cada 20 minutos durante a vigília e 30 minutos durante o sono, perfazendo uma média de 80 medidas. O exame de MRPA é semelhante, contudo o paciente realiza apenas três medições durante o período da manhã e mais três à noite, durante cinco dias. As medidas geralmente são impressas ou armazenadas no próprio aparelho, para posteriormente serem coletadas pelo médico do paciente. O aparelho descobre apenas a PAS, PAD e FC, e normalmente o médico pede ao paciente para anotar suas atividade durante o dia.

Tal qual o MRPA, o exame de MAPA adquire informações estatísticas sobre as medidas de pressão do paciente, como os máximos, mínimos, médias, desvios padrão, etc. A principal funcionalidade destes exames é obter as médias de PAS e PAD. Pelo método tradicional, é considerado normal o paciente ter uma média de PA abaixo de 135/85mmHg no período de vigília e de 120/70mmHg durante o sono<sup>3</sup>. Uma média acima desses valores é considerado, pelo menos, um alerta.

Atualmente, com a difusão de aparelhos de medição de pressão portáteis e de fácil uso, é comum a prescrição do exame de MAPA ou MRPA para pacientes suspeitos de hipertensão ou outras doenças cardíacas, o que facilita aquisição destes dados.

O Módulo de Decisão possui regras capazes de identificar o quanto pode oscilar

---

<sup>3</sup>A MRPA é executada apenas durante a vigília, portanto espera-se que ao final dos cinco dias o paciente tenha média de PA abaixo de 135/85mmHg

---

uma pressão dentro da média, de maneira que sejam gerados menos alertas indevidos. Além disso, associando a atividade às medidas de pressão, ele pode aperfeiçoar a identificação. Por exemplo, é comum que um paciente tenha um aumento na FC ao realizar uma atividade doméstica, então, talvez, um valor mais alto obtido não é motivo de preocupação. Por outro lado, se o paciente tem um aumento da PA durante o sono, isso pode ser caracterizado como uma situação de emergência. Mais detalhes a respeito do Módulo de Decisão podem ser encontrados em publicações do nosso grupo de pesquisa [16, 17].

### 3.5 Plano de Cuidados

Não raro encontram-se profissionais de enfermagem que desempenham uma assistência ao paciente de maneira “mecanizada” e repetitiva [10]. Uma alternativa a essa prática é elaborar um plano de cuidados para o paciente. O plano de cuidados é um instrumento utilizado por um profissional de enfermagem que visa individualizar o cuidado. No plano são descritos os cuidados que o paciente em específico deve receber e como esse cuidado pode ser melhor executado.

O plano de cuidados funciona como um guia para o enfermeiro(a), ao facilitar a prestação de cuidados. Além disso ele permite uma economia de tempo e aumenta a qualidade e segurança da assistência prestada ao paciente [10].

O plano de cuidados contém prescrições orientando o paciente a cumprir uma rotina de tratamento. Por exemplo, tomar determinada medicação, fazer algum exercício, ou realizar uma medida de pressão. Essas prescrições devem ser descritas utilizando uma terminologia simples e de fácil compreensão. O Módulo de Gestão do Plano de Cuidados exerce um papel essencial na ADS, por identificar e notificar o paciente de suas prescrições. Por este motivo esta funcionalidade é impreterível em um sistema de telessaúde, fazendo parte da abordagem adotada. Na Figura 3.1 o Plano de Cuidados (módulo) é representado como um componente da CSR.

A elaboração do plano de cuidados é feita segundo as necessidades do paciente. Durante o tratamento, o plano não é imutável, e deve ser atualizado mediante alterações no quadro clínico do paciente, gerando um novo plano de cuidados. O plano anterior deve então ser anexado ao prontuário do paciente, permitindo posteriormente uma avaliação da assistência prestada ao paciente.

Conforme já foi mencionado sobre a importância da aproximação do profissional de saúde do paciente, das notificações e dos lembretes de medicação e de compromissos na

aderência ao tratamento, espera-se que utilizando o plano de cuidados, com o auxílio da tecnologia de telemonitoramento, a aderência do paciente ao tratamento seja aumentada. Recentes estudos verificam a procedência desse argumento. Em geral, esses estudos utilizam o telefone como meio de contato com o paciente [26], lembrando-o de suas prescrições. Atualmente está em desenvolvimento no nosso grupo de pesquisa, em conjunto com a Escola de Enfermagem/UFF, um experimento que visa verificar se ocorre um aumento da aderência do paciente ao tratamento com a utilização do SCIADS. O experimento está sendo feito com pacientes reais, e estamos utilizando o protótipo do sistema de telessaúde, apresentado no Capítulo 4, para sua execução.

A interação do módulo do Módulo de Gestão do Plano de Cuidados com outros componentes do sistema pode ser melhor compreendida através do diagrama de fluxo exibido na Figura 3.5. Cada prescrição ao paciente é associada a um evento em específico controlado por um temporizador. No diagrama da Figura 3.5 é representado o tratamento do evento de uma prescrição. Descobrir se já foi atendido inclui saber que prescrição é essa (e.g., tomar o remédio Captopril, fazer medida de pressão) e buscar na base de dados pela ocorrência desse evento. Se for identificado que o paciente já cumpriu a prescrição (e.g., informou que tomou Captopril nos últimos dez minutos, fez uma medida de pressão nos últimos vinte minutos), o Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) é atualizado. O PEP é o conjunto dos dados médicos do paciente de toda a sua vida, como diagnósticos, sintomas reportados e exames que o paciente fez. Estes dados são guardados em estruturas de dados padronizadas, permitindo a interoperabilidade entre sistemas que usam o PEP [27, 54].

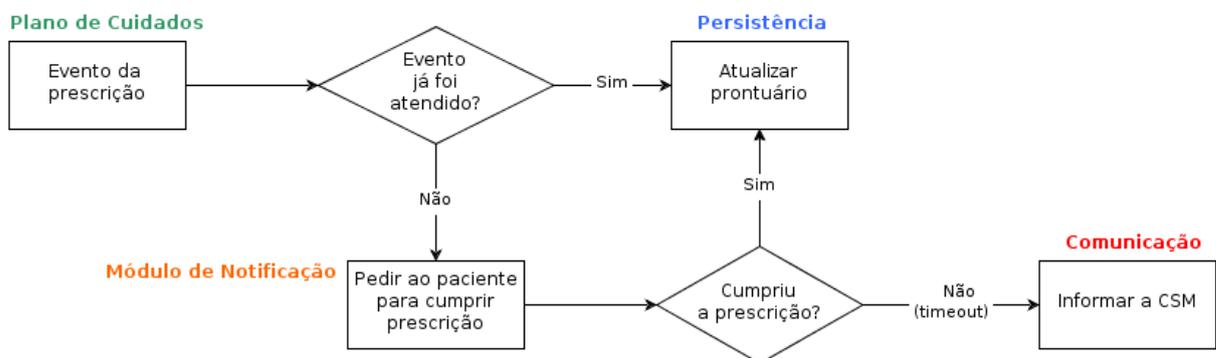


Figura 3.5: Diagrama de Fluxo: evento disparado no Módulo do Plano de Cuidados

Caso o paciente não tenha cumprido ainda a prescrição, o sistema deve solicitar que o faça. Isso é feito por meio do Módulo de Notificação. Se o sistema esperar demais (o tempo de espera pode ser configurado na hora da prescrição da medida), deve ser assumido a não execução da prescrição e a CSM deve ser informada. O profissional de saúde recebe

então a notificação e pode tomar as devidas providências, como, por exemplo, telefonar para o paciente.

Através da computação ubíqua é possível sofisticar o Módulo de Gestão do Plano de Cuidados com, por exemplo, um módulo de aviso pervasivo, um sistema de interação com o usuário, um sistema de identificação de realização da rotina, dentre outros.

Arquiteturalmente o Módulo de Gestão do Plano de Cuidados, como descrito, é composto de três componentes que funcionam cooperativamente: o Módulo de Notificação, o Escalonador de Notificações e uma estrutura de dados que contém o próprio plano de cuidados do paciente (prescrições), como representado na Figura 3.6.

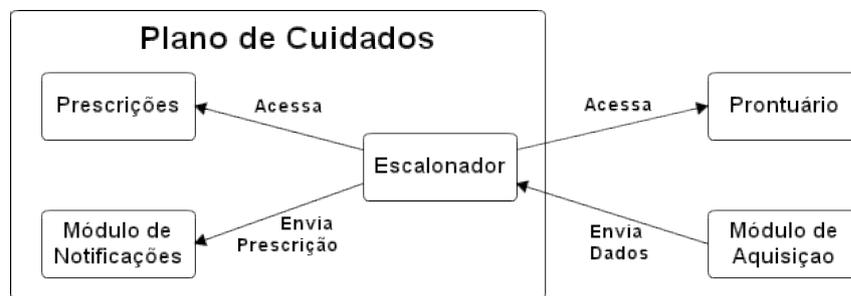


Figura 3.6: Arquitetura do Módulo de Gestão do Plano de Cuidados

O Escalonador de Notificações é o componente de software responsável por criar os temporizadores para cada uma das prescrições do paciente. Quando o evento agendado de uma prescrição ocorre, o escalonador identifica o tipo da prescrição (e.g., tomar medicamento) e verifica se o paciente já o cumpriu, utilizando o prontuário. Em caso negativo, ele envia a mensagem para o Módulo de Notificação e aguarda a resposta do Módulo de Aquisição de Dados.

### 3.5.1 Módulo de Notificação

Como mencionado anteriormente, o módulo de aviso pervasivo pode ser implementado através de um Módulo de Notificação orientado à localização do paciente. Uma vez que ele saiba em que cômodo o paciente está, dentro de seu domicílio ou ainda fora dele, e tendo controle sobre dispositivos no ambiente, seria possível identificar o dispositivo mais adequado para a notificação da prescrição através de um módulo de regras. Conforme o quadro clínico do paciente muda, o médico pode identificar um novo conjunto de necessidades para o paciente. Por este motivo, é necessário no sistema um alto grau de adaptabilidade. Em [14], um trabalho desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa, propõe uma abordagem baseada em contratos arquiteturais para lidar com esses aspectos de

---

adaptação.

Um exemplo de utilização de um Módulo de Notificação inteligente pode ser: sabendo que o paciente está na sala, e tendo acontecido um evento de tomada de medicação (de algum remédio em específico), o sistema liga a televisão, ou interrompe a exibição da programação, e mostra a mensagem na tela. A mensagem contém uma instrução simplificada do que o paciente deve fazer, utilizando termos simples e imagens. Caso o paciente esteja em um cômodo sem acesso a um dispositivo multimídia, um dispositivo em outro cômodo emite um alerta sonoro padrão, para o paciente ir ler a notificação. Outros tipos de situação podem acontecer. Por exemplo, se o paciente está fora de casa e está com seu celular, ou outro dispositivo móvel, o sistema o notifica através desse dispositivo, por meio da ligação com um sistema eletrônico passando instruções, uma mensagem de texto (e.g., SMS), ou mensagens multimídia, etc.

O Módulo de Notificação deve avisar ao paciente através da interface mais adequada, dependendo de diferentes fatores. No entanto, a decisão sobre qual interface utilizar não fica a cargo do Módulo de Notificação, mas do Módulo de Análise. Portanto, o Módulo de Análise deve incluir não só as regras relacionadas à hipertensão, mas outras regras do sistema também. Definida a interface do paciente, o Módulo de Notificação encaminharia a ela a notificação ao paciente.

### **3.5.2 Interface de Interação Ativa**

O usuário, no caso representado pelo paciente, em muitas ocasiões deve entrar com informações no sistema arbitrariamente, ou seja, de maneira ativa. A interação não deve exclusivamente ser feita através de sensores, mas deve permitir ao usuário, por exemplo, responder perguntas. A interface de interação ativa é comumente implementada através de uma interface gráfica, mas não exclusivamente. Por exemplo, poderia ser um equipamento eletrônico com botões físicos.

Através desta interface o paciente seria capaz de, por exemplo, informar ao sistema que tomou um medicamento em específico, conforme o Módulo de Notificação o requisitasse a tomá-lo. O paciente poderia ainda enviar mensagens para a CSM, informando sobre sua situação de saúde ou alguma outra informação que poderia ter sido combinada previamente com seu médico.

Enquanto o Módulo de Notificação deve utilizar um sistema de regras para identificar qual a interface mais adequada para contatar o paciente, a Interface de Interação

---

Ativa deve somente aguardar a informação do usuário. Isso implica dizer que independentemente da interface utilizada para inserir informações no sistema, elas devem ser enviadas à CSM.

## 3.6 Comunicação

Da aquisição da informação até a interpretação pelo profissional de saúde, dados trafegam por diferentes redes e sistemas, que podem inclusive, no meio da transferência, mudar. A título de exemplificação, considere os cenários a seguir, e suas respectivas figuras (Figura 3.7 e Figura 3.8).

### Cenário 1:

1. O paciente faz uma medição com um sensor que envia dados para a CSR por meio da tecnologia de rede ZigBee <sup>4</sup>.
2. A CSR, que funciona em um computador com o sistema operacional Windows instalado, recebe a medição, executa suas regras sobre os dados, e envia o resultado para a CSM através de um roteador, utilizando uma rede WiFi.
3. O roteador encaminha os pacotes para a internet através da linha telefônica.
4. A informação chega ao roteador da instituição médica (onde está localizada a CSM), pela linha telefônica.
5. O roteador da instituição médica encaminha, através de uma rede ethernet, a informação para o servidor Linux onde está localizada a CSM.
6. A CSM envia um SMS para o profissional de saúde através da internet e rede celular.
7. O profissional de saúde, utilizando um sistema NokiaOS, recebe as informações do paciente através de uma rede GSM no seu celular.

### Cenário 2:

1. A CSR envia uma mensagem à CSM através da linha telefônica, que é o meio de conexão padrão deste usuário.
2. A CSM recebe a mensagem da CSR e responde com um ACK pelo mesmo meio.

---

<sup>4</sup>ZigBee é uma tecnologia de rede sem fio comparável às redes Wi-Fi e Bluetooth, e diferencia-se destas por um menor consumo de energia e por um alcance reduzido.

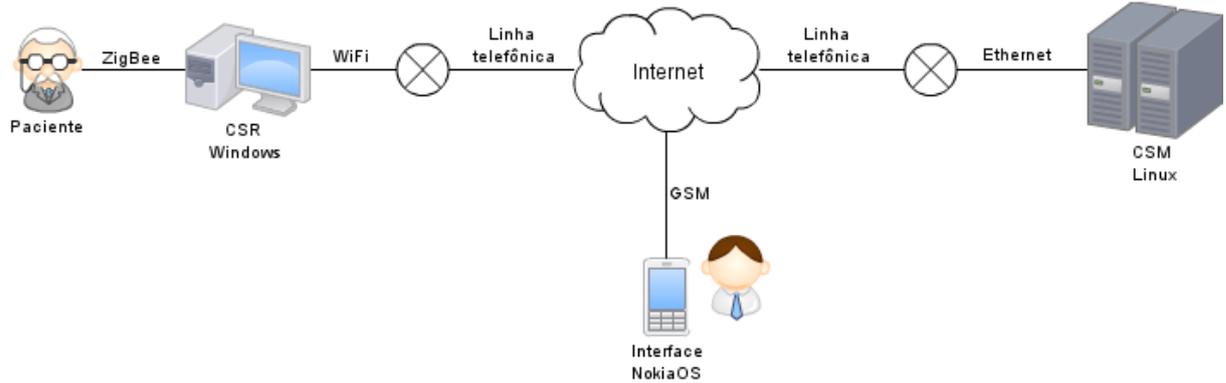


Figura 3.7: Cenário de comunicação fim-a-fim através de redes e sistemas heterogêneos

3. A CSR envia outra mensagem pelo mesmo meio, só que a conexão é interrompida.
4. Na CSR o temporizador de espera pela resposta atinge um limite pré-determinado, e o sistema assume que a conexão foi interrompida.
5. A CSR utiliza outro meio de conexão à CSM, no caso a rede 3G.
6. A CSM ao receber a mensagem por essa conexão, envia a resposta pela mesma via.

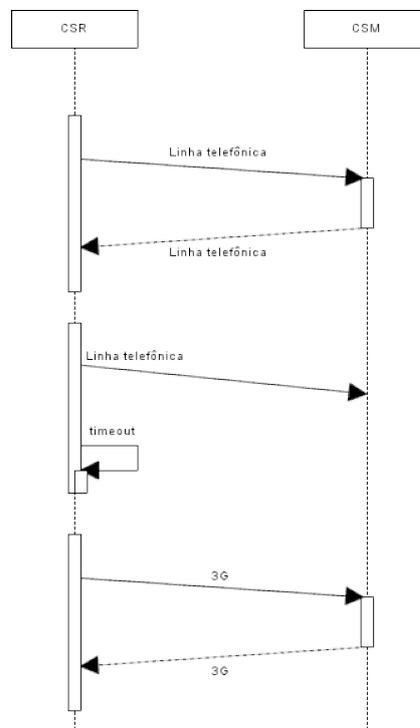


Figura 3.8: Cenário de comunicação fim-a-fim com mudança de meio em tempo de execução

O Cenário 1 apresentado reflete uma operação comum do sistema. Nele é mostrado a diversidade das redes e plataformas que comumente ocorrem durante a execução do sis-

---

tema. São inclusive exemplificadas tecnologias frequentemente utilizadas enlace-a-enlace. Cada uma dessas sub-redes possui diferentes requisitos e qualidades. Dentre os requisitos que estas redes podem ter, cita-se: garantia de qualidade de serviço, entrega confiável, criptografia, garantia de integridade dos dados, autenticação, baixa taxa de falhas, não estabelecimento de conexão, dentre outros. De maneira que, ainda que uma sub-rede possua determinado serviço, não necessariamente outra sub-rede adjacente possuirá.

Podem ser identificados no Cenário 1 alguns dos enlaces presentes na arquitetura do sistema, e algumas possíveis tecnologias para implementação. Os enlaces são: sensor-CSR (ou sensor-base), CSR-CSM e CSM-terminal, onde o terminal é a interface utilizada pelo profissional de saúde.

Com o objetivo de aumentar a interoperabilidade, é uma boa prática utilizar padrões abertos e amplamente aceitos (e.g., XML, Web Services, *sockets*) na construção de sistemas. Uma maneira de se implementar a comunicação entre o cliente e o servidor em redes heterogêneas é utilizando *sockets* TCP/IP. Essa propriedade é alcançada pelo fato de o TCP implementar a tecnologia de portas (*port*), que consegue gerenciar múltiplos *sockets*. Na prática, mais de uma aplicação pode estar conectada à mesma porta simultaneamente. O *socket* é uma combinação de um endereço IP e uma porta em uma entidade única, que permite o estabelecimento de uma conexão fim-a-fim. A principal vantagem de sua utilização é a possibilidade da interação entre quaisquer sistemas que utilizem TCP/IP, independentemente da plataforma ou sistema operacional. Outra maneira de se obter interoperabilidade é através de Web Services, uma vez que estes funcionam sobre o protocolo HTTP da camada de aplicação, e são amplamente usados na internet.

No Cenário 2, além de se destacar a heterogeneidade da rede, também podemos estudar a mudança de topologia, dado que neste exemplo a conexão com a internet (acessada através da linha telefônica) passa a ocorrer de outra maneira: antes pela linha telefônica, e depois através de um ponto de acesso de redes de celular. Este exemplo mostra que o sistema não deve depender de pontos terminais ou rotas. Uma estratégia seria abstrair a estrutura física da rede, como, por exemplo, utilizando um *Domain Name System* (DNS) no servidor.

Dentre os requisitos de importância no sistema, destaca-se o de qualidade de serviço, também chamado de QoS (*Quality of Service*), que permite uma garantia de banda passante para serviços de maior prioridade. Entretanto, sabe-se que não é possível a obtenção de QoS propriamente na internet, como é estruturada atualmente, uma vez que os roteadores do núcleo da rede não implementam mecanismos de controle nesse sentido,

---

seguindo a filosofia do melhor esforço [58]. Antes de serem encaminhados, os pacotes de rede são armazenados em filas FIFO (*first in, first out*), onde não há mecanismos de prioridade. Ainda que outros tipos de rede possam prover este serviço (e.g., Bluetooth, WiMax e uma versão específica do WiFi<sup>5</sup>), estas estarão apenas nas bordas, dado que a casa do paciente não terá comunicação direta (apenas um enlace de rede) com a central médica. A importância na qualidade de serviço está em se garantir a entrega de mensagens de emergência com um tempo máximo, garantindo assim a entrega de sinais de emergência, por exemplo. Na falta deste tipo de serviço, a aplicação deve controlar o atraso utilizando temporizadores e fazendo o reenvio das mensagens caso não haja o reconhecimento.

### 3.6.1 Tolerância a Falhas

Dada a importância no tratamento de informações médicas, certos requisitos de qualidade se tornam fundamentais. Um destes é a tolerância a falhas, capacidade de um sistema de manter consistência durante sua execução. O sistema deve ser capaz de detectar erros e recuperá-los; não havendo esta alternativa, o sistema deve remover este componente defeituoso e buscar continuar seu funcionamento com os componentes restantes, ou seja, recuperar com degradação; e não sendo possível, o sistema deve fazer um desligamento seguro [55].

Um sistema distribuído pode sofrer falhas não só no processo, mas também no sistema de comunicação. Falhas devem ser tratadas de maneira transparente para a aplicação. Nesse sentido pode-se utilizar um *middleware* de comunicação (e.g., RPC, Corba, Java RMI, .NET Remoting, e outros) para a implementação de uma comunicação confiável. Na ausência de um *middleware* semelhante pode-se usar apenas o protocolo TCP na camada de transporte.

O TCP tem a capacidade de mascarar falhas por omissão – casos estes nos quais o envio, o recebimento, ou o canal não se comporta como deveria, ou seja, quando há mensagens perdidas – através de reconhecimentos e retransmissões. Entretanto, em falhas por colapso (*crash failure*), o TCP não mascara, onde estas são caracterizadas como a parada prematura da operação de um componente [15]. Isto acontece pois a conexão TCP é interrompida abruptamente, de modo que nenhuma mensagem pode ser enviada pelo canal. O sistema distribuído, como solução, pode criar uma nova conexão, através do

---

<sup>5</sup>O Bluetooth foi especificado pelo IEEE como 802.15, o WiMax como 802.16 e o WiFi com QoS foi especificado como 802.11e.

reenvio de uma requisição.

Um dos principais mecanismos da Tolerância a Falhas é o de redundância [50], por exemplo, caso se queira prevenir o sistema de comunicação de uma única falha, este deve ser replicado (para dois sistemas de comunicação). Este exemplo pode ser visualizado no Cenário 2 apresentado anteriormente, onde, após a detecção de falha, o sistema substitui o meio de comunicação.

Para a implementação de um sistema distribuído tolerante a falhas, deve-se fazer um estudo independente, procurando cada potencial ponto de falha no sistema. Devem ser feitas algumas hipóteses (e.g., as mensagens chegam em um tempo máximo estipulado) e, partindo destas premissas, deve-se arquitetar o sistema de maneira a identificar os erros possíveis e mascará-los. Este estudo está sendo atualmente desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa, e estamos atualmente em fase de projeto, para posterior implementação no protótipo.

### **3.7 Conclusões do Capítulo**

Neste Capítulo mostramos que a computação ubíqua se configura uma tecnologia ideal para a implementação de um sistema de monitoramento inteligente para a ADS. Foi identificado como a utilização desta tecnologia permite explorar melhor os benefícios da ADS e contornar suas dificuldades e limitações.

Foram apresentados importantes componentes do sistema, como o Módulo de Aquisição de Dados, o Módulo de Análise e o Módulo de Comunicação, dentre outros. Componentes de mais alto nível, como a CSR e a CSM também foram mostrados. Além disso foi mostrada a relação entre esses componentes e sua localização no sistema.

Identificamos ainda a relevância da implementação de um plano de cuidados inteligente, capaz de promover o aumento da aderência do paciente ao tratamento.

O Capítulo que se segue apresenta o resultado da implementação de parte das características do sistema. Esse desenvolvimento culminou em um protótipo que visa aplicar os conceitos da computação ubíqua no domínio de computação para a saúde.

# Capítulo 4

## Protótipo

A título de prova de conceito, foi desenvolvido um protótipo que implementa certos componentes da arquitetura do SCIADS. Conforme fomos adquirindo conhecimento do domínio de saúde, determinamos um escopo para a abordagem e iniciamos a prototipação do sistema.

Dentro do contexto do projeto SCIADS, desenvolvemos um protótipo capaz de realizar o monitoramento remoto de pacientes. O protótipo é basicamente constituído de dois principais componentes: a Central de Saúde Residencial (CSR) e a Central de Supervisão Médica (CSM), interligados através da internet. Esta separação corresponde ao padrão arquitetural Cliente-Servidor [50], onde o Cliente é representado pela CSR, a qual solicita serviços, e o Servidor é representado pela CSM, a qual oferece os serviços. Este padrão também permite que mais de um Cliente esteja conectado ao mesmo Servidor. Assim, uma CSM pode prover serviços a todas as instâncias da CSR.

Nesta implementação, tomamos por foco o monitoramento da PA e o aumento da aderência do paciente, onde foram utilizados sensores e ferramentas computacionais para implementá-los. Para o monitoramento, foi utilizado, como sensor, um medidor de pulso da PA que permite coletar a medida do paciente de maneira relativamente simples para um paciente pouco habituado com a tecnologia atual. No protótipo foi implementado um módulo para realizar a aquisição das medidas descobertas pelos sensores, como será visto na Subseção 4.2.2, e na Subseção 4.2.3 é comentada a utilização do módulo de análise. Implementamos ainda um Plano de Cuidados simples neste protótipo, como será visto na Subseção 4.2.5. Na Seção 4.3 mostramos interfaces de utilização do sistema e os mecanismos de comunicação utilizados no protótipo.

---

## 4.1 Processo de Desenvolvimento

O desenvolvimento ocorreu juntamente com aquisição de informações junto a profissionais de saúde<sup>1</sup>. Este processo se constituiu das seguintes etapas:

1. aquisição dos dispositivos e estudo do funcionamento;
2. implementação de uma interface gráfica;
3. implantação de uma base de dados;
4. agregação do módulo de decisão e implementação da interface gráfica de aquisição da atividade;
5. distinção entre a CSR e a CSM, e implementação da comunicação entre as duas;
6. documentação e construção de um simulador dos sensores;
7. testes, correções e melhorias.

Essas etapas são melhor descritas a seguir.

Primeiramente o grupo adquiriu sensores com diferentes funcionalidades: uma balança, um botão de pânico, um medidor multifuncional de pulso, e um dispositivo programável, onde todos estes dispositivos se comunicam com suas bases de maneira sem fio. Os três primeiros dispositivos são produzidos pela mesma empresa, a Telcomed [5], e o último é produzido pela Sun<sup>2</sup>.

Em uma segunda etapa foi necessário aprender a ler os dados provenientes dos sensores, e recebidos pelo *gateway*. Como a empresa restringe o uso de sua biblioteca, foi necessário adquirir um *Software Development Kit* (SDK), para a manipulação da biblioteca do *gateway*.

Uma vez aprendido a identificar eventos provenientes do *gateway* (e.g., evento de novo dado, de mudança de estado e de *log*) e a ler os dados, foi implementada uma interface para a exibição destes dados. Foi escolhido como linguagem de programação o C# nesta fase do projeto, como descrito na Subseção 4.2.2. Como o projeto tem uma maior ênfase na medida de PA, colocamos na interface uma tabela para relacionar cada medida de PA com sua data.

---

<sup>1</sup>Departamento de Clínica Médica/UFF, da Escola de Enfermagem/UFF, do Instituto Biomédico/UFF, Faculdade de Ciências Médicas/UERJ, e outros.

<sup>2</sup>Atualmente estes dispositivos são comercializados pela Oracle Labs

---

Para a persistência dos dados dessa tabela foi escolhido o sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL [3], dado que é um sistema robusto e bem estabelecido no mercado, além de ser de livre uso. Essa decisão acarretou a escolha da biblioteca para acesso à base de dados através da aplicação. Para a linguagem C#, a comunidade do PostgreSQL disponibiliza a biblioteca Npgsql [3], que escolhemos por ser aquela cujo suporte está mais avançado.

Com a criação de um módulo de decisão das medidas de pressão [16], que incluía a associação entre as medidas de atividade e a medida de pressão, implementamos uma maneira de informar a atividade com botões na tela e a agregação desse módulo ao protótipo. Um mecanismo do C# foi utilizado para invocar o módulo de decisão enviando os parâmetros (PAS, PAD, FC, atividade e médias do paciente de PAS e PAD) e para receber o retorno (situação), uma vez que este é um executável separado.

A seguir, foi decidido criar uma central remota, para exibição destes dados. Essa central (CSM) foi criada como um software independente do primeiro, cuja função é a apresentação dos dados. Foi então implementado um mecanismo para o envio das medidas, cuja tecnologia escolhida foi o *socket*. A discussão desta tecnologia e outras empregadas no protótipo, e a posterior mudança, são apresentadas na Subseção 4.3.4.

Diversas melhorias e correções, tanto na CSR quanto na CSM, foram implementadas quando da submissão deste trabalho no ano de 2009 para o Salão de Ferramentas do SBRC [12], no qual foi aceito. Como parte dos requisitos de submissão, o protótipo foi adaptado para funcionar com a CSR e a CSM na mesma máquina. Apesar de o sistema de comunicação continuar funcionando da mesma maneira, as mensagens nessa versão eram enviadas para a própria placa de rede. Foram também implementados vários requisitos básicos, ainda não existentes na versão inicial do protótipo, como o cadastro do profissional de saúde, o cadastro do paciente, a separação do operador e do profissional de saúde, dentre outras.

Além do artigo [12] e do protótipo, também foram criados, para esta submissão, manuais para uso e instalação do software, e um site [4], onde estes itens podem ser encontrados. No esforço de se ter um produto em maior conformidade com seus requisitos, foi necessária uma concentração maior nos testes do produto, o que acarretou diversas modificações. Estes testes foram feitos sobre defeitos e limitações do software previamente conhecidos além de outros descobertos no processo. Devido à ausência de sensores para medir a pressão, por parte dos avaliadores do simpósio, criamos um simulador (Figura 4.1), o que os permitiu a avaliação do software. Uma outra implicação positiva foi o fato de esta

submissão ter criado um *milestone*, ou seja, um marco, no desenvolvimento do protótipo.

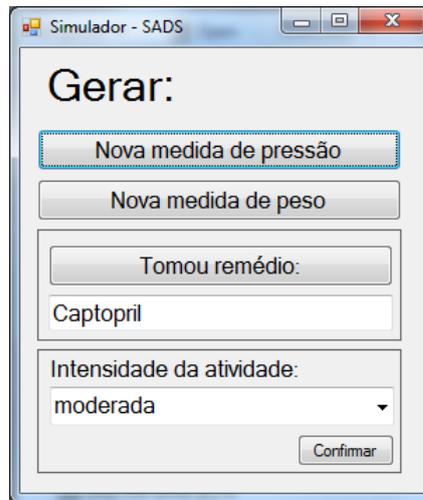


Figura 4.1: Simulador dos sensores

Essa versão do protótipo, incluindo o simulador, manuais para uso e instalação, podem ser encontrados no site do projeto [4], onde os softwares podem ser baixados e instalados na máquina, respeitadas as restrições de instalação.

Conforme o grupo prosseguiu no desenvolvimento do protótipo, com o objetivo de utilizá-lo em um ambiente real, diversas correções tiveram de ser feitas em termos de codificação, nos anos de 2010 e 2011. O resultado deste trabalho se mostrou positivo, dado que atualmente estão sendo feitos testes com o protótipo e ele tem apresentado um bom comportamento.

## 4.2 A Central de Saúde Residencial

A CSR (Figura 4.2) é um componente do protótipo que deve ser instalado na residência do paciente. Sua principal funcionalidade é receber os dados fisiológicos e de atividade do paciente, analisá-los, persisti-los, e enviá-los para a CSM.

A interface da CSR foi implementada para facilitar o uso pelo público idoso com pouca familiaridade com computadores. São exibidos poucos recursos visuais e botões com dimensões grandes, para, inclusive, possibilitar um melhor uso através de uma interface sensível ao toque, ou *touchscreen*. As funções dos botões são claras, e estuda-se melhores maneiras de organizá-los, como por exemplo, usar figuras nos botões, além de texto, buscando prover uma maior acessibilidade.

Ao contrário da maioria das implementações, na nossa abordagem preferimos não mostrar na interface do paciente suas próprias medidas. Esta posição foi tomada devido

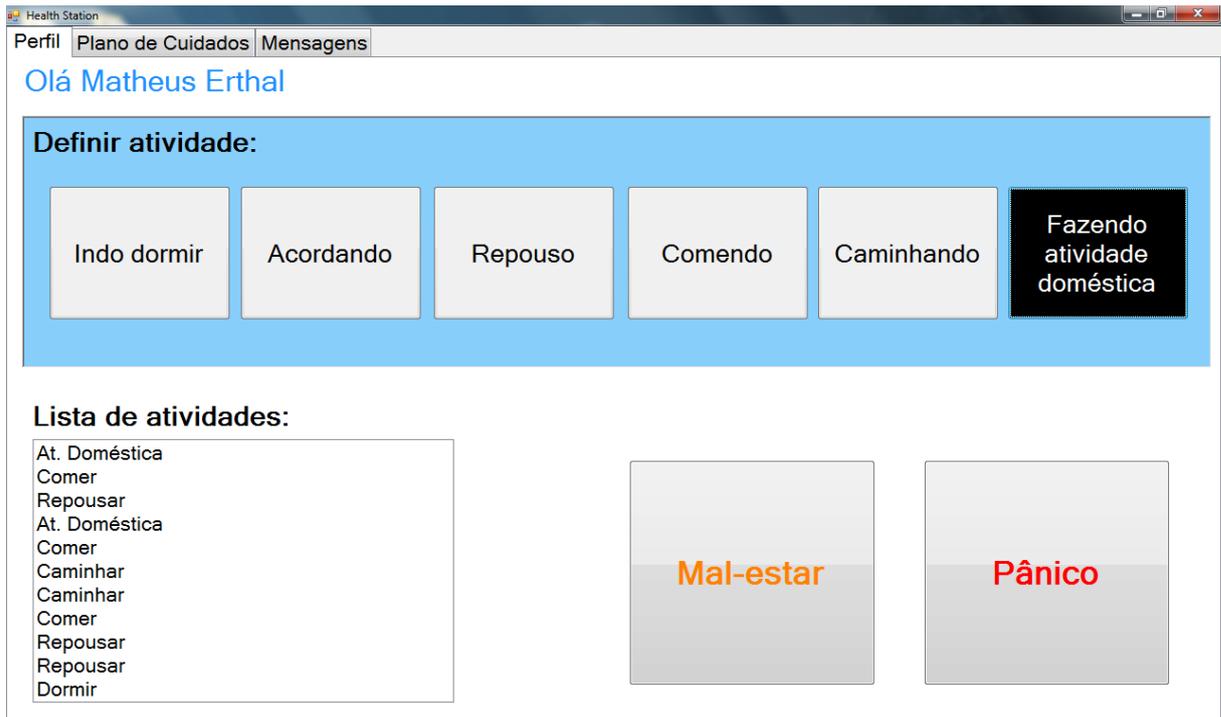


Figura 4.2: Central de Saúde Residencial

à informação de médicos do nosso grupo de pesquisa de que a simples observação das próprias medidas de PA pode gerar um aumento das mesmas por motivo psicológico no paciente. Em uma implementação futura o profissional de saúde poderá selecionar o conteúdo que o paciente pode observar, para que o sistema não fique exageradamente restrito.

Três tipos de dados são manipulados pelo protótipo: comportamentais (ou de atividade), dados fisiológicos, e dados pessoais do paciente. Os dados são inseridos no sistema através da interface ou através dos sensores. Os dados de ambiente ainda não estão sendo usados, apesar do Módulo de Decisão já ter suporte a isso.

#### 4.2.1 Dados Comportamentais

A CSR é capaz de receber dados referentes à atividade do paciente. Na atual versão do protótipo, o paciente informa a sua atividade por meio de uma interface gráfica (Figura 4.2). Nesta interface o paciente pode clicar nos botões grandes referentes aos tipos possíveis de atividade usados no sistema, ou mesmo tocando a tela com os dedos caso esteja usando um computador com tela sensível ao toque. Se o paciente selecionar uma atividade, ela será empilhada na lista presente na mesma interface, no canto inferior esquerdo.

Para a integração com o Módulo de Decisão, foram utilizados cinco níveis de ativi-

---

dade, mais especificamente: “Dormindo”, “Repouso”, “Comendo”, “Andando” e “Fazendo atividade doméstica”. Como o paciente não pode informar que está “dormindo”, na interface foram criados os botões “Indo dormir” e “Acordando” em substituição, para se ter um parâmetro do momento em que ele está dormindo.

Além da coleta da atividade através da interface, estamos investigando técnicas para identificar a atividade sendo realizada pelo paciente utilizando sensores (e.g., giroscópio, sensor de presença, câmera) capazes de capturar os movimentos do paciente. A identificação da atividade de maneira ubíqua, ou seja, através de sensores acoplados na roupa do paciente e no ambiente, está em desenvolvimento. Foi feito um experimento para a coleta dessa atividade utilizando um acelerômetro. Para esse experimento foram definidas três faixas de intensidade de atividade: baixa, média e alta, onde, para o módulo de regras de pressão, elas foram utilizadas em substituição às outras cinco, sendo a “baixa” correspondente a “dormindo”, a “média” correspondente a “comendo”, e a “alta” correspondente a “fazendo atividade doméstica”.

Para capturar a atividade, utilizamos como dispositivo o Sun SPOT [41] programável em Java, que contém, dentre outros sensores, um acelerômetro de três eixos. Foram utilizados dois Sun SPOTs do *kit*: um para a base (sem sensores) e um para ficar com o paciente (com sensores). A comunicação entre eles se dá de maneira sem fio por meio da tecnologia de rede ZigBee. Através dessa comunicação, o Sun SPOT portado pelo paciente notifica a base se há uma mudança de atividade (uma mudança na faixa de intensidade). A base, por sua vez, fica conectada ao computador por uma interface USB, e o programa executado nela envia uma mensagem para a CSR, no mesmo computador, contendo o valor. A integração entre esse componente (desenvolvido em Java) e o protótipo (desenvolvido em C#) é feita através de *socket* sobre UDP, e as mensagens são dirigidas ao *localhost*, ou seja, à própria placa de rede da máquina, possibilitando a comunicação interprocessos.

## 4.2.2 Dados Fisiológicos

Uma das dificuldades na execução deste tipo de desenvolvimento é a aquisição de dispositivos de medição da PA sem fio, dado que estes dispositivos ainda estão escassos, e os que existem ainda não foram homologados na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) [1], daí a dificuldade em se importar este tipo de equipamento. Apesar de atualmente ser fácil encontrar dispositivos mais simples, aqueles apenas mostram a medida

no visor.

No período da compra, no fim de 2008, foram adquiridos estes equipamentos da empresa israelita Telcomed [5], sendo posteriormente compradas outras unidades. Ao todo, o projeto utiliza três medidores de pulso WristClinic (Figura 4.3.a), capazes de medir a PA (em mmHg <sup>3</sup>), a FC (em bpm <sup>4</sup>), a temperatura (em °C), a pressão de oxigênio no sangue (SpO<sub>2</sub>, em %), e de fazer um eletrocardiograma simples (de uma faixa apenas). Foram ainda adquiridos uma balança (Figura 4.3.b) e também três botões de pânico portáteis, chamados Allsys (Figura 4.3.c), que possibilitam ao paciente informar para o sistema se está passando mal ou em perigo, permitindo a profissionais de saúde a tomada de alguma providência. A comunicação dos dispositivos com o computador, onde está localizada a CSR, é feita através de um *gateway* que acompanha o kit da Telcomed, chamado Minigate, que é ligado à porta USB do computador e funciona de maneira constante recebendo os dados dos sensores quando estes os enviam.

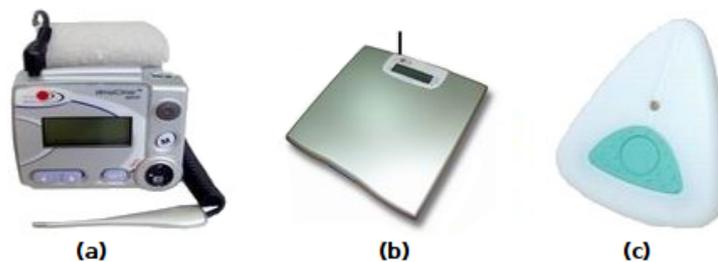


Figura 4.3: Dispositivos

Os dispositivos usados são proprietários, assim como seu protocolo de comunicação. Por esse motivo foi adquirido também um SDK que demonstra brevemente o funcionamento da *Application Programming Interface* (API) do Minigate, possibilitando o acesso aos dados dos sensores e o controle do *gateway*. O SDK veio escrito na linguagem de programação C# da Microsoft, e a API é uma *Dynamic Link Libraries* (DLL), ou seja, uma biblioteca para o Microsoft Windows. Dadas estas restrições o protótipo foi desenvolvido igualmente em C# e para Windows. Poderia ter sido utilizada outra linguagem de programação, que fosse capaz de utilizar DLLs, neste caso o SDK deveria ser reescrito nesta nova linguagem.

Para o recebimento da medida é necessário subscrever um evento da biblioteca com um método. Sempre que o controle é passado para esse método, sabe-se que ocorreu uma nova medida no *gateway*, seja qual for o dispositivo. Nos parâmetros do método são

<sup>3</sup>Milímetro de mercúrio

<sup>4</sup>Batimentos por minuto

---

passados o tipo da medida e em qual arquivo XML ela foi escrita, onde a localização deste arquivo é conhecida. O arquivo XML respeita um padrão próprio, e mostra, não só o valor, mas outras informações, como a carga da bateria do dispositivo.

### 4.2.3 Módulo de Decisão

O Módulo de Análise, aqui representado pelo Módulo de Decisão, aplica regras médicas sobre as medidas de pressão buscando a identificação de emergências em pacientes hipertensos, como apresentado na Seção 3.4.1. Este módulo tem como dados de entrada: dados fisiológicos (PAS, PAD e FC), de atividade (cinco níveis) e as médias de PAS e PAD do paciente. Como saída o módulo retorna um valor equivalente à situação do paciente.

Um dos cenários de execução do protótipo é mostrado na Figura 4.4, que apresenta um diagrama de fluxo de controle para o evento de uma nova medida de pressão. Sempre que o paciente realiza uma nova medida de pressão com o WristClinic, a CSR verifica se há alguma atividade informada pelo paciente há pouco tempo (estamos utilizando 5 minutos de tolerância). Caso não tenha, a CSR pede para o paciente informá-la por meio de uma janela seguindo os mesmos padrões das outras interfaces do sistema, com botões e letras grandes. Caso o paciente não informe sua atividade, é assumido que ele está em repouso. Com a medida de pressão e a atividade coletadas, o Módulo de Decisão é executado e infere a situação de saúde do paciente. Em seguida os dados são armazenados em uma base de dados local, e enviados para a CSM.

A complexidade na gerência da medida de PA se deve à necessidade de sincronização com a atividade, além da possibilidade de interação do usuário com o sistema de mais de uma maneira para a descoberta da atividade.

### 4.2.4 Interface do Profissional de Saúde

A CSR possui duas interfaces gráficas – ou *Graphical User Interface* (GUI) – de interação: a interface do paciente (Figura 4.2) e a do profissional de saúde (Figura 4.5). Foi assumido no protótipo que o nome é uma identificação única. Para acessar à CSR é exigido, além do nome, a senha. Se for inserido o nome de um paciente cadastrado, a interface do paciente é apresentada. Por outro lado, se for inserido o nome de um profissional de saúde, a respectiva interface é apresentada.

A GUI do profissional de saúde permite observar as informações dos pacientes cadastrados naquele domicílio, além de alterar os planos de cuidados dos pacientes. Os

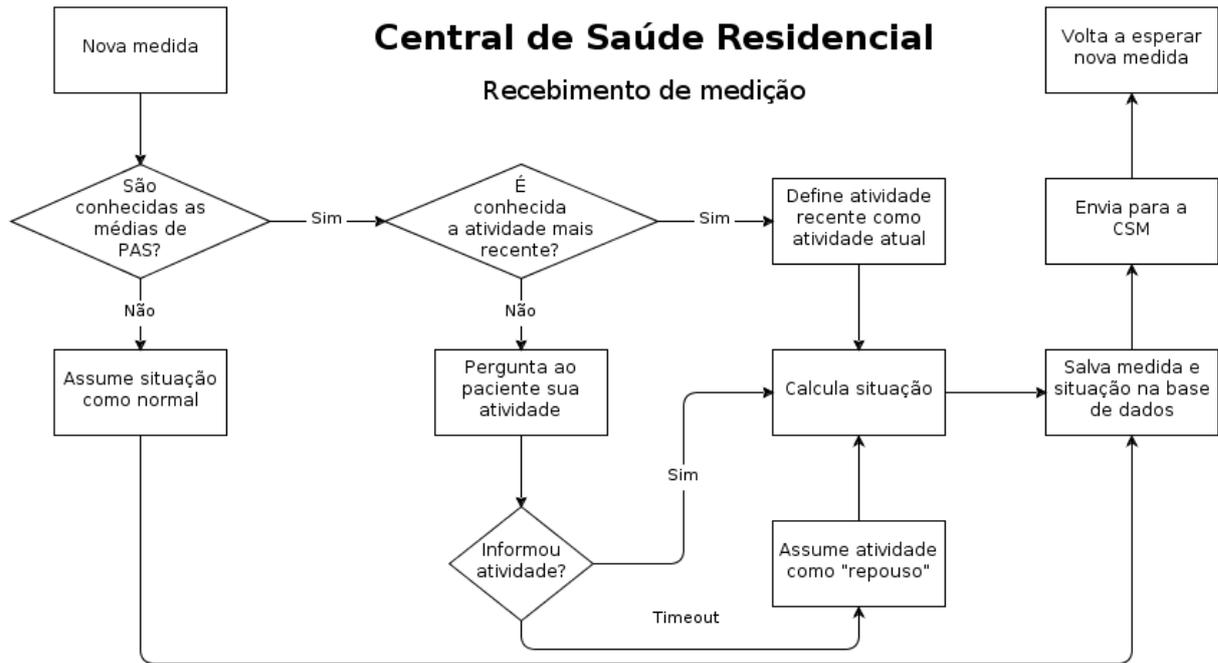


Figura 4.4: Diagrama de fluxo: Nova medida de pressão

componentes da GUI serão melhor explicados na Sessão 4.2.5.

## 4.2.5 Plano de Cuidados

O Plano de Cuidados permite ao profissional de saúde cadastrar prescrições ao paciente de maneira visual. Nesta versão do protótipo podem ser cadastradas prescrições de dois tipos: genérica e específica. A genérica é uma mensagem, identificada na GUI da Figura 4.6 como “Mensagem para o paciente”. Esta mensagem pode ser qualquer ação que o profissional queira que o paciente realize, como por exemplo, fazer uma medida de pressão, fazer algum exercício físico, lembrar sobre restrições na alimentação, etc. Mais especificamente o profissional pode cadastrar uma prescrição de medicamento, identificado na GUI da Figura 4.6 como “Tomar remédio”. Do lado dessas *labels* o profissional deve preencher com a mensagem ou o remédio.

Do lado esquerdo da GUI da Figura 4.6, o profissional deve definir o início do tratamento, a periodicidade que o paciente deve ser lembrado e quanto tempo a mensagem deve esperar na tela (“Durante”), em minutos. O tempo de espera é importante pois permite ao profissional determinar a tolerância de atraso no cumprimento da prescrição. Se a prescrição for do tipo “mensagem”, o paciente visualiza, quando ocorrer o evento, uma caixa com a mensagem e um botão “OK”. Se a prescrição for para medicamento, o paciente visualiza a caixa com a mensagem e botões com as opções “Sim” e “Não”,

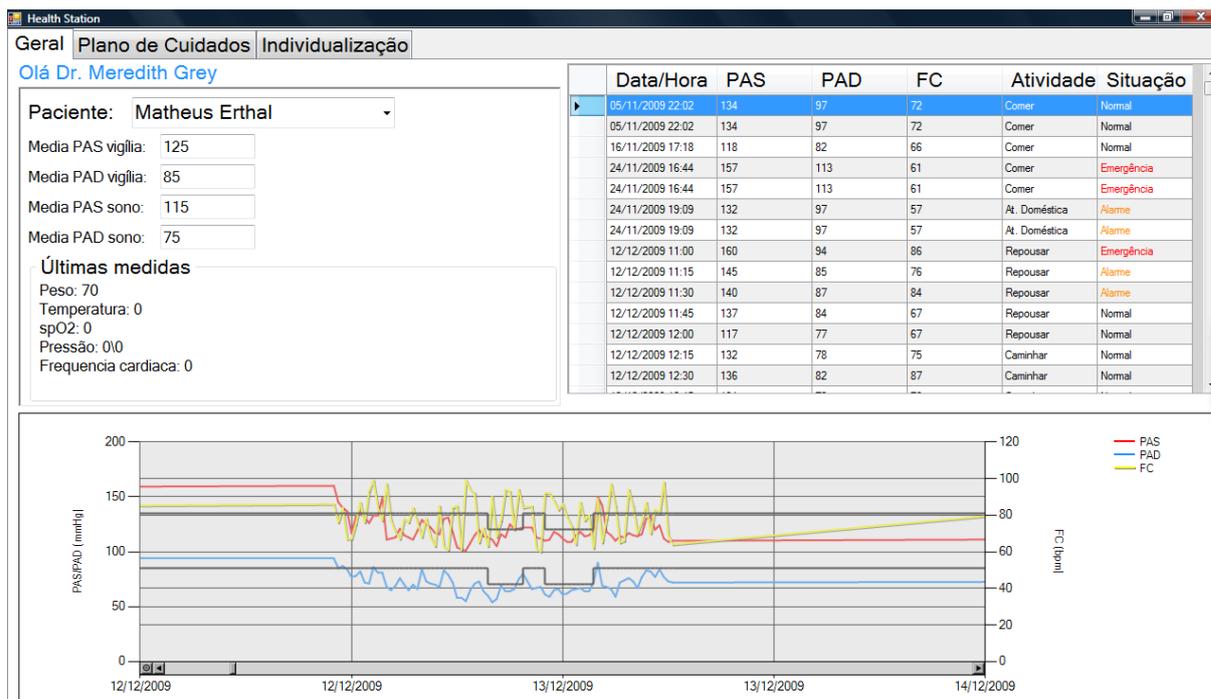


Figura 4.5: CSR: Interface do profissional de saúde

permitindo que ele informe se cumpriu ou não a prescrição. Ambas as caixas permanecem abertas até que o temporizador associado à duração da prescrição tenha seu tempo limite alcançado. Nesse caso, a CSR informa que o paciente não cumpriu a prescrição ou não viu a mensagem. Essas informações são posteriormente persistidas na tabela prontuário, mantendo a relação com o paciente.

Na versão atual do protótipo, as prescrições são inseridas na CSR. Ao se autenticar, o profissional de saúde tem à sua disposição as informações dos pacientes que ele trata, podendo descrever prescrições em seus planos de cuidados. O paciente, por sua vez, quando se autentica pode ver as suas prescrições, como mostrado na Figura 4.7.

Quando o protótipo é carregado, e quando são criadas novas prescrições, são criados temporizadores associados a eventos. O acontecimento do evento gera uma interrupção, passando o controle para o método de tratamento subscrito a este evento. Dependendo do evento disparado, o sistema identifica se a prescrição é do tipo mensagem ou de medicamento, e mostra na tela a caixa correspondente (componente de notificação). Nesse momento outro temporizador é iniciado, para esperar a resposta do paciente. Caso o paciente responda ou o temporizador alcance o limite, o sistema envia a resposta para a CSM.

Paciente: Matheus Erthal

**Tarefas**

Início:  Agora  Apartir de 08:00:00

Repetir mensagem a cada:  0 minutos  6 horas  0 dias  0 semanas

Durante: 60 minutos

Mensagem para o paciente:

Tomar remédio: Tome Diovan

**Agenda**

Remover	Data/Hora	Rotina	Procedimento	Duração da Mensagem(min)
<input type="checkbox"/>	08/07/2011 6:00	8 horas	Tome Captopril	10
<input type="checkbox"/>	08/07/2011 7:00	4 horas	Faça uma medida de pressão	40
<input type="checkbox"/>	08/07/2011 8:00	1 dias	Faça Exercícios	30
<input type="checkbox"/>	08/07/2011 8:00	1 dias	Faça uma medida de peso	60
<input type="checkbox"/>	08/07/2011 10:00	12 horas	Tome Aprovel	10

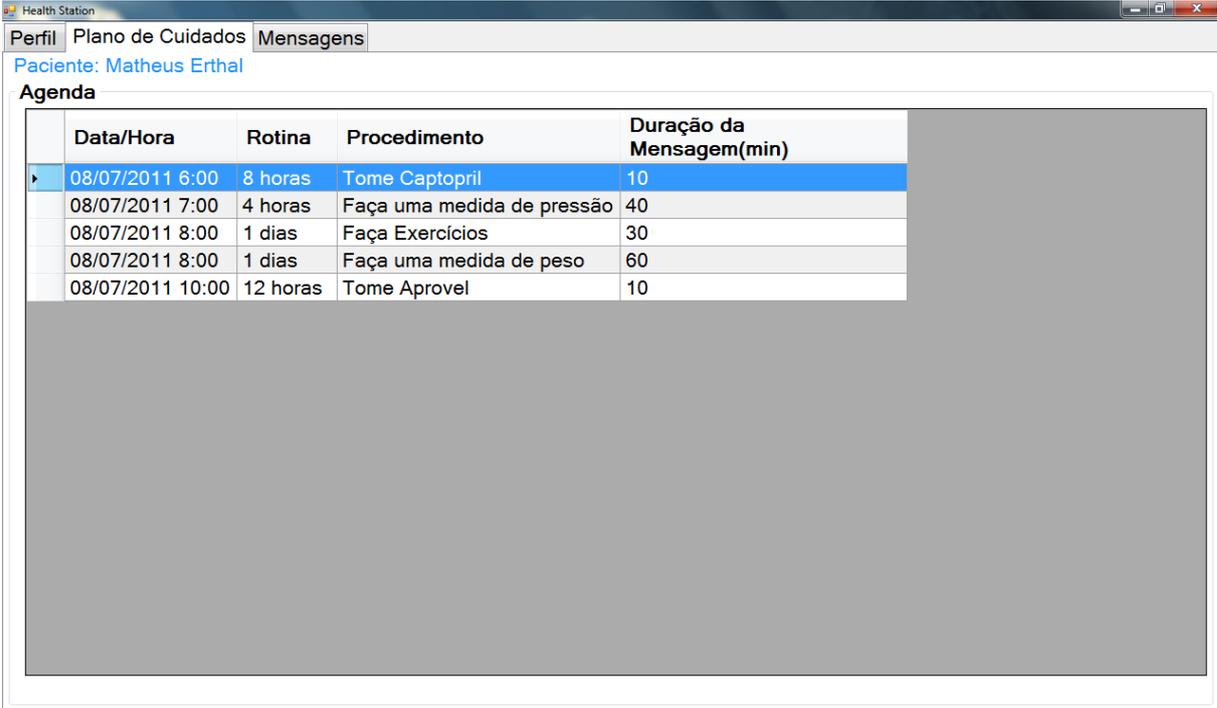
Figura 4.6: CSR - Interface de cadastro do plano de cuidados

### 4.3 A Central de Supervisão Médica

A Central de Supervisão Médica oferece um serviço de monitoramento remoto dos pacientes, funcionando como uma ferramenta para profissionais de saúde que monitoram pacientes em tempo integral.

Essa abordagem permite que um profissional possa monitorar as informações de diversos pacientes ao mesmo tempo. Auxiliado pelo Módulo de Decisão, o profissional de saúde tem a capacidade de reconhecer uma situação de alarme com sensível rapidez, possibilitando, por exemplo, o pronto socorro ao paciente numa situação de emergência.

Na versão atual do protótipo, o servidor, a GUI e a base de dados ficam localizados na mesma máquina. Porém, em uma implementação futura, projetaremos uma infraestrutura que permita uma melhor separação de conceitos, possibilitando atender uma maior demanda de pacientes. Para isso, além do fato de que a base de dados deve ficar separada do servidor de requisições (que recebe as mensagens das CSRs), operadores devem poder acessar os dados e receber notificações a partir de outros terminais, ou seja, a GUI da CSM também deve ser separada do servidor de requisições. Uma solução para essa questão é implementar um servidor Web, desta maneira a GUI pode ser utilizada através de um navegador (*browser*). Além de simplificar na implementação, esta abordagem evita problemas futuros relacionados à heterogeneidade de plataformas e redes, permitindo ainda



Data/Hora	Rotina	Procedimento	Duração da Mensagem(min)
08/07/2011 6:00	8 horas	Tome Captopril	10
08/07/2011 7:00	4 horas	Faça uma medida de pressão	40
08/07/2011 8:00	1 dias	Faça Exercícios	30
08/07/2011 8:00	1 dias	Faça uma medida de peso	60
08/07/2011 10:00	12 horas	Tome Aprovel	10

Figura 4.7: CSR - Plano de Cuidados

o acesso através de dispositivos móveis.

O diagrama de fluxo de controle da Figura 4.8 mostra o tratamento de mensagens que chegam à CSM. Ela separa as mensagens em tipos: “medida”, “alarme”, “plano de cuidados” e “mensagem instantânea”. A mensagem de alarme deve atualizar as cores associadas, na interface, ao paciente. O nome do paciente é colorido, na interface, segundo sua situação 4.8. Em alguns casos, medidas também podem vir acompanhadas de alarmes, quando elas sofreram alguma análise. Neste caso também devem mudar essas cores. A seguir as mensagens são persistidas e a GUI da CSM é atualizada.

### 4.3.1 Interface Gráfica da CSM

Na principal GUI, como mostrado na Figura 4.9, são exibidas informações de mais de um paciente concomitantemente.

A CSM também possui um nível de autenticação, que funciona como o da CSR, contudo não há pacientes cadastrados. Há três tipos de cadastro de usuários: “profissionais de saúde” (que no protótipo foram chamados simplesmente de “médicos”), operadores e administrador. O administrador e os profissionais de saúde também são operadores, mas a recíproca não é verdadeira. O operador é um profissional formado, ou treinado, que no entanto, não pode ou não deve atender pacientes. Em outras palavras, o operador

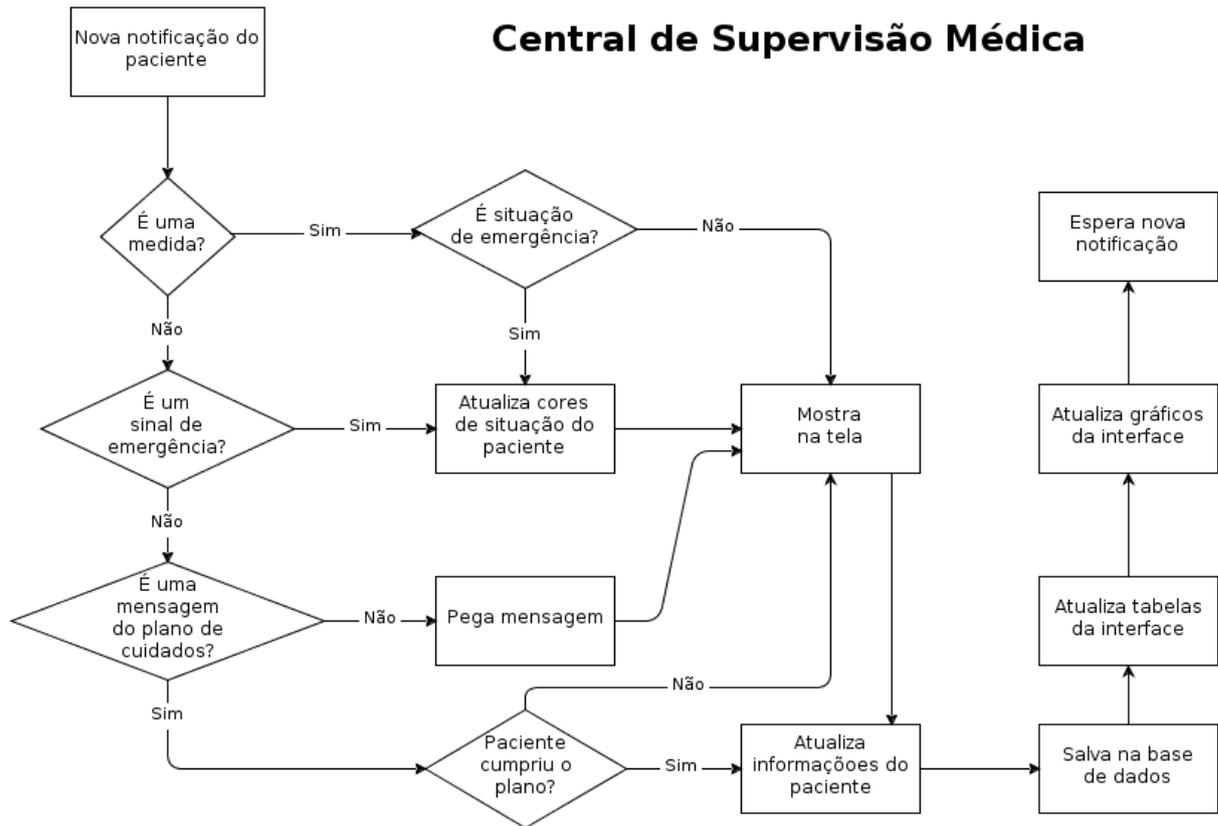


Figura 4.8: Diagrama de fluxo: Nova mensagem na CSM

monitora, mas não trata de pacientes. O administrador é o operador que tem permissão para inserir, remover e alterar contas de quaisquer pacientes, operadores ou profissionais de saúde. Os profissionais de saúde podem estar associados ao paciente, como cuidadores, pois assim é mais fácil para o sistema apresentar informações do profissional que atende o paciente com necessidade de atendimento.

No lado esquerdo da interface é exibida uma lista de pacientes cujo usuário da interface tem acesso. Na lista de pacientes, os nomes (únicos itens da lista) são organizados alfabeticamente e coloridos conforme a última situação descoberta ou informada, onde vermelho representa uma situação de emergência e laranja representa uma situação de alerta. Assim, o profissional pode acessar mais rapidamente os dados dos pacientes em estado de alarme. Além disso, a ocorrência de um alarme é imediatamente notificada ao operador por meio de uma janela separada, informando a gravidade da situação e qual pacientes está neste estado.

Ao clicar com o botão direito no nome dos pacientes na lista, o operador tem ainda a possibilidade de remover um paciente em específico do sistema, alterar o selecionado, ou inserir um novo, por meio de um menu de contexto. Isso pode ser feito também através dos botões na base da lista.



Figura 4.9: CSM - Principal interface gráfica

Entretanto, se o operador clicar no nome do paciente com o botão esquerdo do mouse, os dados do paciente serão carregados em uma das três grandes caixas horizontais, onde o sistema escolhe a caixa em sentido descendente rotativamente. Estas caixas, intituladas pelo nome do paciente, possuem três campos: um com informações pessoais do paciente e as últimas medidas coletadas, um gráfico das medidas de pressão, e uma tabela também das medidas de pressão.

As tabelas e gráficos presentes nesta interface são as mesmas presentes na interface do profissional de saúde da CSR (Figura 4.5). A tabela mostra: “Data/hora”, “PAS”, “PAD”, “FC”, “Atividade” e “Situação”, basicamente a entrada e saída do Módulo de Decisão. Ao se clicar com o botão direito do *mouse* em uma linha da tabela, o usuário tem a opção de filtrar os valores apresentados na própria tabela e no gráfico correspondente. Como mostrado na Figura 4.10, na linha clicada aparece um menu de contexto para o usuário. Este menu oferece as opções de filtrar as duas últimas horas (em relação à linha selecionada), as últimas dez horas e as últimas dez medidas (também em relação à linha selecionada). A última opção (“Ver todas as medidas”) volta a mostrar a tabela e o gráfico completos.

A tabela permite ainda ao profissional organizar os valores segundo maiores e menores de maneira simples. Ao se clicar no título da coluna, as linhas são reorganizadas

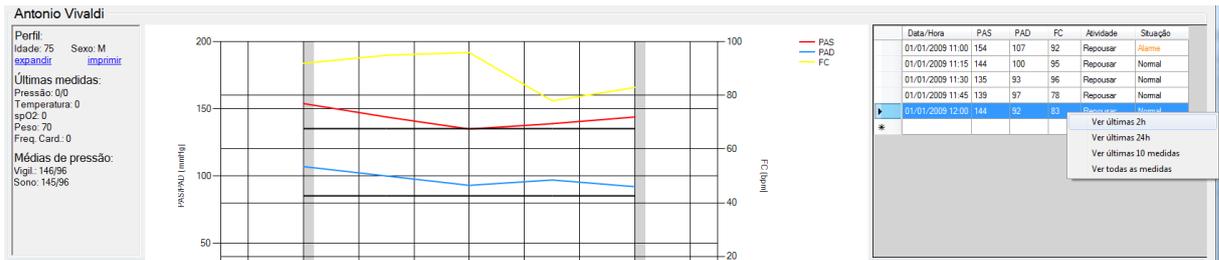


Figura 4.10: CSM - Aplicação de filtro na tabela

segundo uma ordem crescente dos valores da coluna selecionada, e ao se clicar de novo, são organizados de maneira decrescente. Na prática isto permite ao operador descobrir rapidamente os maiores ou os menores valores das medidas de PAS, PAD e FC, por exemplo; ou ainda ordenar as situações, para averiguar todas as situações de emergência; ou ordenar pela data e observar a evolução dos valores no tempo. Todas as tabelas, tanto da CSM, quanto da CSR, se comportam da mesma maneira.

Os gráficos da CSM utilizam, no plano cartesiano: o eixo X, o eixo Y do lado esquerdo e o eixo Y do lado direito, onde o eixo X representa o tempo em dias. As medidas de PAS e PAD são dimensionadas utilizando o eixo Y do lado esquerdo, onde a unidade de medida é o mmHg. Já as medidas de FC utilizam o eixo Y do lado direito, onde a unidade de medida é o bpm. Apesar de o gráfico parecer sobrecarregado, este tipo de representação é comumente utilizado em relatórios de exame de MAPA. Os gráficos podem ficar muito carregados de informação conforme há muitas medidas, no entanto é possível aproximar a imagem (*zoom*) ou afastar, simplesmente selecionando no gráfico o que se quer aproximar e clicando em um botão para voltar.

Nos gráficos há duas linhas pretas que são parâmetros médicos para a análise dos gráficos. Essas linhas são consideradas os limites máximos que a pressão média pode alcançar, onde 135/85mmHg corresponde ao limite da PA durante a vigília e 120/70mmHg durante o sono. Estes são valores médios estabelecidos para a população. Embora se sabe que os limites e as médias das medidas podem variar tanto para mais, quanto para menos, os profissionais de saúde, na prática médica, estão habituados a usá-los. Como as medidas, no sistema, estão associadas às atividades, na impressão dos valores na tabela as linhas são desenhadas em 120/70mmHg quando a atividade do paciente está definida como “Dormindo”, e em 135/85mmHg, em caso contrário.

### 4.3.2 Interface Estendida da CSM

Dada a necessidade do operador analisar as informações de um paciente em específico, criamos uma segunda GUI mostrando as informações de um só paciente. Para que essa interface seja exibida, o operador deve clicar no *link* “expandir”, presente em cada uma das caixas da interface principal (mostrada na Figura 4.9), onde o *link* é associado ao paciente cujos dados foram carregados na caixa.

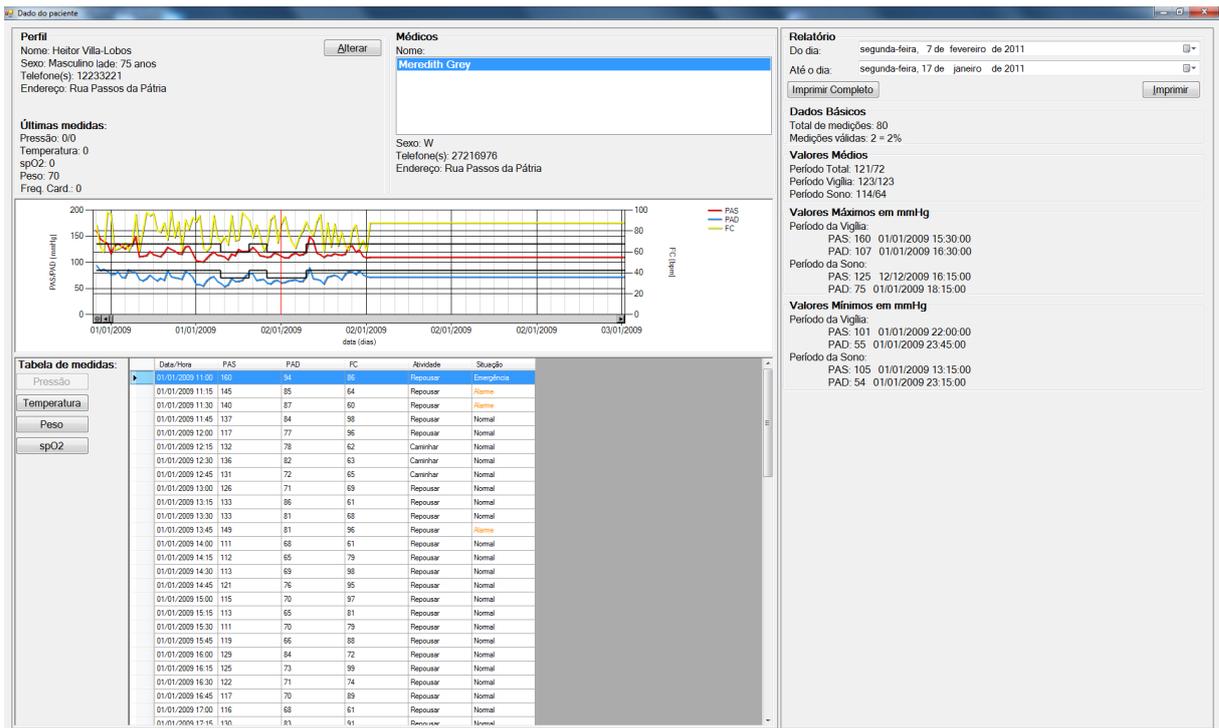


Figura 4.11: CSM - Interface gráfica estendida

Do lado direito da GUI são mostradas informações estatísticas sobre as medidas de pressão, no caso, os valores máximos, mínimos e médios, durante o período de sono, de vigília e durante todo o período. Estes dados, assim como o gráfico, são comumente encontrados no relatório de um exame de MAPA.

Um importante recurso do protótipo é o relatório sobre o paciente. No lado direito superior da GUI, encontra-se uma caixa nomeada como “Relatório”, onde o operador pode clicar no botão “Imprimir completo”, e será disponibilizada uma janela padrão do sistema operacional para a impressão do relatório completo. O operador pode ainda querer imprimir o relatório referente à apenas um período, e não o completo. Neste caso, o operador escolhe o primeiro e o último dias e clica em imprimir.

A CSM, conforme recebe mensagens da CSR, registra o histórico destas no banco de dados. Isto possibilita que, posteriormente, o profissional de saúde imprima o relatório

---

destas mensagens, que inclui: medidas, mensagens do Plano de Cuidados (se atendeu a prescrição, se não atendeu ou se não respondeu), alarmes gerados e mensagens enviadas. Numa próxima etapa este relatório será melhorado, permitindo, por exemplo, mostrar dados em tabelas, mostrar dados em gráficos, calcular estatísticas sobre as informações, selecionar que dados devem aparecer na impressão do relatório, etc.

A parte superior da GUI possui ainda a caixa “Médicos”. Nesta caixa há uma lista dos profissionais de saúde que tratam do paciente selecionado. Ao se clicar no nome do médico (profissional de saúde), são exibidos os dados para contato com o respectivo profissional.

### 4.3.3 Interfaces de cadastro

Além das GUIs para monitoramento de pacientes e controle, o protótipo inclui uma interface de cadastro e atualização de operadores, como pode ser visto na Figura 4.12. Uma das opções da interface corresponde a informar se o operador é também um médico, pois assim, ele pode vir a ser relacionado como médico de algum paciente.

Para o cadastro de pacientes, desenvolvemos a GUI apresentada na Figura 4.13. Além do cadastro de dados básicos do paciente e das suas médias de pressão, podem ser associados ao paciente os profissionais de saúde que tratam dele e que já estão cadastrados no sistema.

Na atual versão do protótipo, a interface de cadastro de pacientes está disponível quando a CSR e a CSM compartilham a máquina. Na prática, se o experimento for feito utilizando-se a CSR e a CSM em máquinas separadas, não é possível se cadastrar pacientes através desta janela, apenas editando diretamente no banco de dados. Um dos motivos é fato de que o sistema utiliza o banco de dados tanto na CSR quanto na CSM. Fizemos esta escolha para assegurar que dados não serão perdidos. Contudo, através desta solução, o sistema passa a ter que resolver possíveis problemas de consistência do banco de dados. Outro motivo é o fato de que a comunicação entre a CSR e a CSM é de apenas uma via. A CSM não conhece a localização da CSR, não podendo, portanto, alterar arbitrariamente a base de dados dela. Todas estas questões estão atualmente sendo trabalhadas no protótipo, e esta implementação corresponde a um trabalho futuro do grupo.

Figura 4.12: CSM - Interface de cadastro de operadores

Figura 4.13: CSM - Interface de cadastro de pacientes

#### 4.3.4 Comunicação

A localização da CSM deve ser conhecida pela CSR, seja utilizando um endereço (caso atual), ou utilizando DNS. Como neste protótipo ainda não foram implementados requisitos de tolerância a falhas na comunicação, decidimos utilizar o protocolo TCP na camada de transporte, que provê confiabilidade na entrega e ordenação das mensagens.

Nas primeiras versões do protótipo, foi implementada a comunicação entre o servidor (CSM) e o cliente (CSR) através de *sockets*. Esta tecnologia, na prática, permite o envio de uma *string* de *bytes*. Então, para a CSM reconhecer o tipo de mensagem recebida (e.g., medida de pressão, medida de peso, alarme, plano de cuidados, etc), além dos dados, incluímos na mensagem um cabeçalho de dois caracteres que representa o tipo

da mensagem, como mostra a Figura de exemplo 4.14. A mensagem tem também um tamanho fixo, previamente combinado entre o cliente e o servidor.

### Estrutura da mensagem:

Char	Int	Int	Int	Int	Float
<b>Cabeçalho</b>	<b>PAS</b>	<b>PAD</b>	<b>FC</b>	<b>Atividade</b>	<b>Situação</b>
4B	4B	4B	4B	4B	4B

### Exemplo:

mp	120	70	75	2	0.59
----	-----	----	----	---	------

Figura 4.14: Estrutura de dados da mensagem enviada por *socket*

Além de definir o formato da mensagem, foi necessário cuidar da conexão, caso fosse interrompida, por exemplo. Um módulo de reconexão deve cuidar deste tipo de situação. Uma outra alternativa seria se conectar apenas para o envio de mensagens e finalizar a conexão ao término, porém esta última alternativa inclui um overhead que pode ser alto caso hajam muitas CSRs conectadas à CSM.

Devido a todas estas questões (e.g., necessidade de gerenciar a conexão, necessidade de manipular o formato da mensagem), resolvemos implementar a comunicação em mais alto nível. O .Net Framework (utilizado pelo C#) possui uma ferramenta útil na implementação de um sistema distribuído: o .Net Remoting [35]. Esta ferramenta é semelhante ao Java RMI [22], por implementar objetos remotos, e semelhante também ao RPC [51] (comum na maioria das linguagens de programação), que chama procedimentos remotos. Esta escolha trouxe uma perda de interoperabilidade, para o caso do sistema ser portado para outras plataformas, entretanto, como estamos utilizando um ambiente homogêneo neste protótipo não tivemos problemas de compatibilidade. Por outro lado, o fato de utilizarmos esse *middleware*, nos permitiu uma maior abstração dos mecanismos de comunicação e requisitos da rede.

O diagrama da Figura 4.15 representa a arquitetura simplificada do .Net Remoting. Esta é uma abordagem abstrata para a comunicação interprocessos, implementada de maneira transparente para o desenvolvedor. O .Net Remoting permite a comunicação entre objetos em diferentes processos através de objetos remotos. O processo cliente faz chamadas a métodos destes objetos como se estivesse fazendo chamadas a métodos localmente, e a execução propriamente destes métodos ocorre no servidor. Também podem

ser passados objetos como parâmetros dos métodos, sendo a serialização deles abstraída do programador.

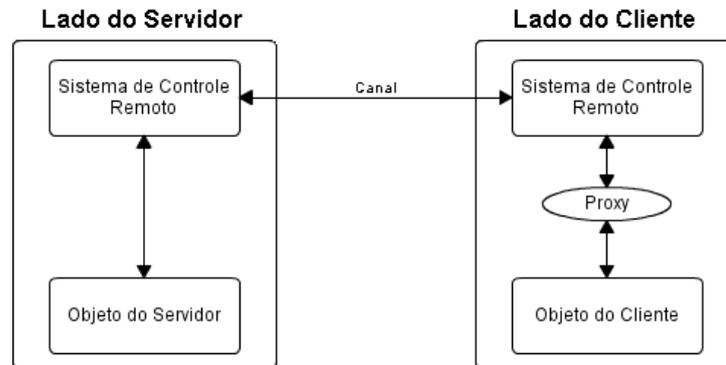


Figura 4.15: Comunicação: Arquitetura do .Net Remoting

*Proxy* é um objeto substituto que se apresenta como algum outro objeto. No sistema os objetos *proxy* criam a impressão de que o objeto servidor está no processo do cliente. Ele recebe a chamada do método e passa ao sistema de controle remoto, que verifica o tipo de chamada e a encaminha, pelo canal, ao servidor. O ouvinte do canal recebe a requisição e a envia para o sistema de controle remoto. O objeto servidor é então localizado, ou criado, e executa o procedimento. Por fim, a resposta é empacotada e faz o caminho inverso, sendo devolvida ao objeto cliente pelo *proxy*.

Na atual implementação do protótipo são chamados métodos remotos passando objetos correspondentes às medidas. Por exemplo, no objeto servidor é chamado o método “SalveMedidaPressao(medidapressao)”, que remotamente receberá o objeto passado como parâmetro e executará o método, retornando a resposta do método.

## 4.4 Conclusões do Capítulo

Este Capítulo apresentou, como resultado concreto deste trabalho, o protótipo para o sistema inteligente de monitoramento de pacientes, cujo desenvolvimento se iniciou em 2008 e que ainda continua. Foram melhor especificadas as funções das duas principais entidades do sistema: a CSR e a CSM, e como ocorre sua comunicação, dentre outros componentes do sistema.

Dentre as dificuldades apresentadas no desenvolvimento deste protótipo podemos citar a variedade de tecnologias empregadas na implementação, incluindo a linguagem de programação (antes não utilizada pelo grupo), ferramentas de banco de dados, bibliotecas de interfaces gráficas, bibliotecas de comunicação, dentre outras. Além disso, devido às

diversas funções que o protótipo executa em paralelo, diversas linhas de execução (*threads*) são criadas e finalizadas no decorrer do programa. Por exemplo, enquanto uma janela na GUI é apresentada solicitando algo ao paciente, o sistema não pode deixar de receber dados dos sensores. Isto traz a questão de gerenciamento destas *threads*, inclusive pela dificuldade em se fazer testes, já que a ferramenta de depuração (*debug*) usada acompanha a execução de apenas uma *thread*.

O protótipo possui algumas limitações que estão sendo tratadas. Dentre elas podemos citar a interface de cadastro do paciente, que só pode ser utilizado caso a CSR e a CSM estejam na mesma máquina. Atualmente, para cadastrar um novo paciente é necessário inserir seus dados diretamente no banco de dados, através de declarações SQL. Outra limitação diz respeito ao plano de cuidados, que ainda não pode ser editado remotamente, ou seja, pela CSM. A alteração do plano de cuidados deve ser feita diretamente na casa do paciente. A CSM necessita também de uma otimização, dado que ela faz muitas consultas ao banco de dados, quando poderia, em diversas circunstâncias manter dados em memória.

Apesar destas limitações, o resultado do desenvolvimento deste protótipo se deu de maneira satisfatória, e a superação delas se dará com o tempo, dado que o protótipo está em constante evolução. Atualmente o protótipo está em uma fase de testes com pacientes reais, onde poderemos estudar tanto aspectos relacionados à área médica quanto à de enfermagem, conforme comentamos na Seção 5.2.

# Capítulo 5

## Considerações Finais

Este trabalho contribuiu para aperfeiçoamento dos conceitos e mecanismos incluídos no contexto do projeto SCIADS, em desenvolvimento no Instituto de Computação da UFF. Em particular, permitiu avançar a pesquisa em uma área interdisciplinar envolvendo computação e saúde.

Foram analisadas questões referentes ao tratamento de pacientes, tomando por foco doenças crônico-degenerativas, e apresentada a importância da utilização da ADS visando a prevenção e o monitoramento a curto e longo prazos. O projeto propõe a utilização da computação ubíqua buscando prover o telemonitoramento de pacientes.

Como resultado concreto, foi produzido um protótipo para o SCIADS que está sendo usado como plataforma para experimentos reais com pacientes. Dentre os potenciais benefícios de sua aplicação podem-se enumerar: o controle dos sinais vitais de pacientes em tempo real; o aumento da aderência do paciente ao tratamento; o aumento da qualidade de vida para o paciente; a redução de custos hospitalares devidos à internação.

Diante disso, acreditamos que o trabalho desenvolvido foi positivo e relevante, tanto como ferramental para o início de experimentos na área de telessaúde, quanto para estudar tecnologias relacionadas.

### 5.1 Trabalhos Relacionados

Sob a ótica de mercado, empresas têm criado produtos ou fornecido serviços de telessaúde. É comum que as próprias empresas que produzem dispositivos de medição também possuam algum software ou site que os armazene e que disponibilize interfaces para controle. Entre elas está a própria Telcomed da Medic4All Group [5], empresa da qual adquirimos os dispositivos usados no protótipo. Além dos dispositivos, ela disponibiliza interfaces

---

para o paciente e para o profissional de saúde, mediante contratação de serviços.

A empresa American Well provê suporte para o contato entre paciente e profissional de saúde. Ele permite a troca de mensagens, a conversa e videoconferências entre o paciente e profissionais disponíveis. Através deste sistema o profissional de saúde pode combinar visitas ao paciente, ou do paciente ao profissional. Este serviço, no entanto, necessita da atuação direta do paciente, e, na nossa abordagem, além de permitir a comunicação do paciente com os provedores de saúde, o paciente atua passivamente no sistema. Outras empresas de propósitos semelhantes, mas que utilizam o telefone, são a Teladoc e a TeleNurse First Call Center.

A utilização do plano de cuidados em serviços de telessaúde ainda é pouco explorada. A empresa Healthanywhere utiliza um serviço de plano de cuidados baseado em dispositivos móveis (e.g., celulares, *smartphones*, *tablets*, etc). Um profissional de saúde pode, conforme a evolução do tratamento, fazer alterações no plano remotamente. Além disso o sistema inclui questionários, planos de dieta e de exercícios, com acompanhamento remoto. Entretanto, esta empresa não aplica o monitoramento de sinais vitais e comportamentais do paciente, como o SCIADS também se propõe.

Outra empresa que implementa o plano de cuidados é a ClickOnMyClinic, que, além do plano de cuidados, também implanta uma metodologia de premiação e incentivo aos pacientes que obtêm melhora em seu quadro clínico. Esta abordagem é sobremaneira interessante, uma vez que o incentivo pode aumentar a aderência do paciente ao tratamento, como vemos em Haynes (2002) [26]. Esta alternativa também mantém seu foco apenas no plano de cuidados, e o SCIADS possui uma proposta mais abrangente. A metodologia de incentivo, empregada por esta empresa, também pode vir a ser incorporada na utilização do SCIADS, apesar de o protótipo, ainda não oferecer facilidades neste sentido.

Em Leijdekkers (2007) [32] é apresentado um sistema de monitoramento projetado para reagir quando limites pré-estabelecidos dos dados fisiológicos do paciente são atingidos. O sistema, no entanto, não integra dados de atividade na análise da situação do paciente, como no nosso protótipo. Além disso, a utilização de um módulo de análise representa um diferencial, uma vez que este é um recente trabalho proposto como parte da tese de doutorado de um dos membros de nosso grupo de pesquisa [16].

Outra proposta é apresentada em Lee (2008) [31], que utiliza dados fisiológicos e atividades, discutindo a importância da obtenção de dados e da sua análise, porém, não contempla mecanismos para identificar situações críticas do paciente. Já ElHelw (2009) [23] e Wood (2008) [57], têm pontos em comum com nossa proposta, no entanto,

---

não há qualquer menção ao emprego de notificações ao paciente integrado a um plano de cuidados.

Uma boa revisão da literatura sobre sistemas desenvolvidos que aplicam técnicas de computação ubíqua e pervasiva na assistência a saúde pode ser encontrada em Orwat (2008) [42]. Foram identificados 67 sistemas, sobre os quais é feita uma análise quantitativa, e, em seguida, são categorizados.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Até o presente momento, pensou-se no monitoramento no ambiente domiciliar, entretanto, aumentar a mobilidade do sistema é um problema interessante a ser resolvido. Esta mobilidade tanto pode ser vista do lado do paciente quando do lado do profissional de saúde, uma vez que tanto o paciente deve ser monitorado em tempo integral, quanto o profissional deve perceber emergências a qualquer momento.

Na circunstância do paciente sair de sua residência, os dispositivos e o sistema devem acompanhá-lo. Considere o seguinte cenário:

1. o paciente possui um botão de pânico portátil,
2. o paciente possui um celular reconhecido no sistema,
3. o paciente sai de sua casa e sofre um ataque agudo de sua doença,
4. o paciente aperta o botão de pânico e o celular recebe o sinal,
5. o celular se conecta à CSM e envia a mensagem.

No cenário apresentado a CSR continua em funcionamento ainda que fora do ambiente domiciliar<sup>1</sup>. Isto representa um problema a ser resolvido, principalmente do ponto de vista arquitetural, pois devemos planejar como a CSR pode se mover entre ambientes. Este tipo de movimentação não necessariamente significa o transporte do processo incluindo seu estado atual, mas, talvez, a configuração da aplicação residencial para a aplicação do celular. Neste novo dispositivo a CSR deve se adaptar para trabalhar com os recursos disponíveis no ambiente.

As informações trocadas entre a CSR e a CSM também devem ser protegidas, portanto, requisitos de segurança são igualmente fundamentais na implementação deste

---

<sup>1</sup>Neste contexto “CSR” não é um bom nome, dado que prevê o monitoramento exclusivamente em ambiente domiciliar.

---

sistema. O sistema deve garantir a confidencialidade dos dados; a integridade, ao proteger os dados de adulterações; a autenticação; o controle de acesso; e outros requisitos. Já existe na literatura diversas técnicas para solucionar estas questões. Uma possível solução seria utilizar SSL sobre TCP, que garante confidencialidade, integridade e autenticação (tanto no cliente como no servidor). Com o intuito de validar um servidor, este poderia ser autenticado junto a uma Autoridade Certificadora, que utiliza criptografia de chaves públicas e permite identificar unicamente o remetente.

Atualmente estamos aperfeiçoando diversos aspectos da proposta, como por exemplo, o uso de técnicas de reconhecimento da atividade, dispensando o paciente de informá-la por meio do sistema. Isso pode ser feito utilizando o próprio acelerômetro embutido em muitos dos celulares modernos. O grupo de pesquisa está trabalhando, em paralelo, no reconhecimento de atividade através de sensores acoplados no paciente e também distribuídos no ambiente. Como resultados parciais, implementamos um detector de atividades simples, utilizando o Sun SPOT, que já está acoplado ao protótipo. Ele detecta três níveis de intensidade de atividade e as envia para a CSR, utilizando como *gateway* o Sun SPOT base ligado ao computador.

Cogitamos no projeto a adoção de um modelo de dados utilizando especificações aceitas internacionalmente, como o OpenEHR ou o HL7. A Continua Alliance [44] é uma entidade que tem aumentado sua aceitação, inclusive por diversas importantes empresas de desenvolvimento de dispositivos médicos. Ela propõe o uso de especificações e tecnologias de comunicação padronizadas, e promove a certificação de empresas que decidam adotá-las. A decisão de adotar um destes modelos no protótipo terá impacto tanto do ponto de vista de aceitação do trabalho, quanto de promoção do padrão, dado que esta prática permitiria uma melhor interoperabilidade entre os dispositivos.

A sofisticação do plano de cuidados, no sentido de permitir ao sistema reconhecer automaticamente a execução de uma prescrição, possibilita o aumento da confiabilidade sobre o cumprimento da prescrição, e facilita o uso do sistema. Com esse serviço, o sistema pode identificar que o paciente tomou o remédio ao receber uma notificação de uma caixa de remédios inteligente, ou saber que ele fez uma medição de pressão que estava prescrita. Nesses casos o sistema não precisaria avisar o paciente, dado que é inconveniente receber mensagens constantemente, e ainda ajudaria nos casos onde o paciente pode pensar que deva executar a prescrição de novo, como pode acontecer principalmente com pacientes que possuam doenças degenerativas como o Mal de Alzheimer.

Apesar de a percepção não ser imediata, a construção de uma interface para a

---

família pode agregar muito a um sistema de telessaúde. Não só é comum familiares desejarem acompanhar o estado de saúde de seu parente, como também passam a ser cuidadores do paciente. Além disso, a proximidade dos familiares durante o tratamento aumenta a aderência do paciente [26]. Por este motivo, planejamos construir tal interface no sistema, semelhante à interface do profissional de saúde.

A possibilidade de o paciente requerer ou não funcionalidades dentro do software traz a necessidade de se configurar a interface de maneira customizada para cada paciente. Por exemplo, um profissional de saúde deseja que um paciente, com determinada doença, informe o aparecimento de um determinado sintoma. A interface deve se adaptar a isso, gerando espaço para colocar esse botão, sem no entanto sobrecarregar a GUI de informações, ou colocar botões pequenos, ou mudar a ordem dos componentes visuais. Essas adaptações podem trazer perdas em termos de padronização, confundindo o paciente. A elaboração de uma interface personalizada que é gerada junto de um produto customizado para o paciente é um desafio importante na evolução do projeto.

Do ponto de vista da arquitetura de software, o grupo de pesquisa está trabalhando em uma melhor maneira de representar o sistema. Estamos estudando a implementação de uma Linha de Produtos de Software (também chamada de *Software Product Line* – SPL), como pode ser visto em Carvalho (2010) [14]. Esta propõe o uso de técnicas no projeto do sistema que permitam posteriormente a escolha das características que o produto final vai implementar. São definidas características “mandatórias” e “pontos de variação”, de tal maneira que seja possível a derivação de um novo produto em alto nível de abstração. Através da SPL será possível gerar produtos customizados conforme a necessidade dos usuários (e.g., pacientes, profissionais de saúde, e outros) [14].

### 5.2.1 Avaliação Experimental

Atualmente protótipo se encontra em processo de experimentação com pacientes reais. Neste experimento buscamos identificar problemas que podem acontecer em um ambiente real; descobrir as necessidades e dificuldades dos pacientes; avaliar a melhoria que o protótipo trouxe no atendimento, principalmente aquela relacionada à precisão na identificação da situação de saúde do paciente e ao êxito na geração de alarmes; e medir o aumento da aderência destes pacientes ao tratamento, comparando com estatísticas da literatura da área.

Foi realizado um experimento de duas semanas com o protótipo em funcionamento,

o que permitiu a identificação de alguns problemas. Dentre eles, identificamos a dificuldade de prover o acesso à internet para os pacientes, dado que, em geral o público idoso não tem muito contato com este tipo de tecnologia, ou sua área de habitação não possui serviços adequados. Para contornar esta questão utilizamos um modem 3G associado à um plano de telefonia, porém, ainda em muitos lugares a qualidade deste tipo de conexão é muito baixa, e vários pacotes são perdidos na comunicação, além do atraso de estabelecimento de conexão. O fato de mantermos uma base de dados local permite que, ainda que não tenhamos conexão com a CSM, os dados sejam persistidos para posterior avaliação. Identificamos também a necessidade de utilizar figuras, além dos textos, na interface, em prol de uma maior acessibilidade por parte de idosos ou pacientes com algum grau de analfabetismo.

Em uma próxima etapa o protótipo será testado com um maior número de pacientes concomitantemente e durante um tempo maior de execução. A CSM será estabelecida no Hospital Universitário Antonio Pedro e poderá ser acessada tanto por médicas(os)<sup>2</sup> quanto por enfermeiras(os)<sup>3</sup> que estão trabalhando neste projeto.

---

<sup>2</sup>Escola de Medicina/UFF, Instituto Biomédico/UFF, Faculdade de Ciências Médicas/UERJ

<sup>3</sup>Escola de Enfermagem/UFF

---

## Referências Bibliográficas

- [1] ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. <http://portal.anvisa.gov.br>.
- [2] Laboratório Tempo – Laboratório de Sistemas de Tempo Real e Embarcados. <http://www.tempo.uff.br/>.
- [3] PostgreSQL. <http://www.postgresql.org/>.
- [4] Projeto SCIADS – Sistema Computacional Inteligente de Assitência Domiciliar à Saúde. <http://www.tempo.uff.br/sciads/>.
- [5] Telcomed – Medic4All Group. <http://www.telcomed.ie/>.
- [6] F.C. Alliance. Fact sheet: Selected caregiver statistics. *Documento electrónico*, 2001.
- [7] A.C.P. Barretto e J.A.F. Ramires. Insuficiência cardíaca. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 71(4):635–642, 1998.
- [8] B. Blackwell. Treatment adherence. *The British Journal of Psychiatry*, 129(6):513, 1976.
- [9] E.A. Bocchi, F.G.M. Braga, S.M.A. Ferreira, L.E.P. Rohde, W.A. Oliveira, D.R. Almeida, M.C.V. Moreira, R.B. Bestetti, S. Bordignon, C. Azevedo et al. III Diretriz Brasileira de insuficiência cardíaca crônica. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 93(1):3–70, 2009.
- [10] S.N. Care. Utilização do plano de cuidados como estratégia de sistematização da assistência de enfermagem. *Ciencia y enfermería*, 8:2, 2002.
- [11] S.T. Carvalho, A. Copetti e O. Loques. Um sistema computacional inteligente de assistência domiciliar à saúde. Em *XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - CBIS 2010*, Porto de Galinhas, Brasil, Outubro 2010.

- 
- [12] S.T. Carvalho, M. Erthal, D. Mareli, A. Sztajnberg, A. Copetti e O. Loques. Monitoramento remoto de pacientes em ambiente domiciliar. Em *XXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos - Salão de Ferramentas*, pp. 59–59, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil, Junho 2010.
- [13] S.T. Carvalho e O. Loques. Arquitetura de software para sistemas pervasivos de assistência domiciliar à saúde. Em *X Workshop de Informática Médica, XXX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, Belo Horizonte, MG, Brasil, Julho 2010.
- [14] S.T. Carvalho, O. Loques e L. Murta. Dynamic variability management in product lines: An approach based on architectural contracts. Em *Software Components, Architectures and Reuse (SBCARS), 2010 Fourth Brazilian Symposium on*, pp. 61–69. IEEE.
- [15] T.D. Chandra e S. Toueg. Unreliable failure detectors for reliable distributed systems. *Journal of the ACM (JACM)*, 43(2):225–267, 1996.
- [16] A. Copetti. *Monitoramento Inteligente e Sensível ao Contexto na Assistência Domiciliar Telemonitorada*. PhD thesis, Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil, Maio 2010.
- [17] A. Copetti, O. Loques, J. Leite, T.P.C. Barbosa e A.C.L. da Nóbrega. Intelligent context-aware monitoring of hypertensive patients. Em *1st Workshop for Situation Recognition and Medical Data Analysis. 3rd Int. Conf.on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, London, UK*, 2009.
- [18] S.M.R.L. de Albuquerque. *Qualidade de vida do idoso: A assistência domiciliar faz a diferença?* Casa do Psicólogo, 2003.
- [19] R.B. de Araujo. Computação ubíqua: princípios, tecnologias e desafios. Em *XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, volume 8, pp. 11–13, 2003.
- [20] S.F. Deslandes. Análise do discurso oficial sobre a humanização da assistência hospitalar. *Ciência & Saúde Coletiva*, 9(1):7–14, 2004.
- [21] J.L. Dieckmann. Home health administration: an overview. *Handbook of home health care administration*, pp. 3–13, 1994.
- [22] T.B. Downing. *Java RMI: remote method invocation*. IDG Books Worldwide, Foster City, CA, 1998.

- 
- [23] M. ElHelw, J. Pansiot, D. McIlwraith, R. Ali, B. Lo e L. Atallah. An integrated multi-sensing framework for pervasive healthcare monitoring. Em *Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2009. PervasiveHealth 2009. 3rd International Conference on*, pp. 1–7. IEEE, 2009.
- [24] S.C.C. Fabrício, G. Wehbe, F.B. Nassur e J.I. Andrade. Assistência domiciliar: a experiência de um hospital privado do interior paulista. *Revista Latino-americana de enfermagem*, 12(5):721–726, 2004.
- [25] M.D. Harris. *Handbook of home health care administration*. Jones & Bartlett Learning, 2005.
- [26] R.B. Haynes, H.P. McDonald e A.X. Garg. Helping patients follow prescribed treatment. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 288(22):2880, 2002.
- [27] R. Hillestad, J. Bigelow, A. Bower, F. Girosi, R. Meili, R. Scoville e R. Taylor. Can electronic medical record systems transform health care? potential health benefits, savings, and costs. *Health Affairs*, 24(5):1103, 2005.
- [28] N. King. Consumer requirements of smart homes: Final report. Technical Report 61330, Dr Lee Vousden, Innovation Group - London, 2004.
- [29] A. Kinsella. The home telehealth primer. *Retrieved October*, 10:2008, 2008.
- [30] S. Koch. Home telehealth—current state and future trends. *International journal of medical informatics*, 75(8):565–576, 2006.
- [31] H. Lee, K. Park, B. Lee, J. Choi e R. Elmasri. Issues in data fusion for healthcare monitoring. Em *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, pp. 1–8. ACM, 2008.
- [32] P. Leijdekkers, V. Gay e E. Lawrence. Smart homecare system for health telemonitoring. 2007.
- [33] M.F. Lima-Costa, H.L. Guerra, S.M. Barreto et al. Diagnóstico da situação de saúde da população idosa brasileira: um estudo da mortalidade e das internações hospitalares públicas. *Inf. Epidemiol. Sus*, 9(1):43–50, 2000.
- [34] J.M.C. Lopes e M.B.H. Oliveira. Assistência domiciliar: uma proposta de organização: momentos e perspectivas em saúde. *Revista Técnico-Científica do Grupo Hospitalar Conceição*, 11(1):63–69, 1998.

- 
- [35] S. McLean, K. Williams e J. Naftel. *Microsoft. net remoting*. Microsoft Press, 2002.
- [36] W. Mendes. *Home care: uma modalidade de assistência à saúde*. UnATI, UERJ, 2001.
- [37] D. Mion Jr, F. Nobre e W. Oigman. *MAPA: Monitorização ambulatorial da pressão arterial*. Atheneu, 1995.
- [38] D. Motta. Saúde sem fronteiras. *Revista Rio Pesquisa*, 12:3–6, 2010.
- [39] J. Nielsen. *Usability engineering*. Morgan Kaufmann, 1993.
- [40] M.R. Nobre. Qualidade de vida. *Arq Bras Cardiol*, 64(4):299–300, 1995.
- [41] Oracle Labs. SunSPOT World. <http://www.sunspotworld.com/>.
- [42] C. Orwat, A. Graefe e T. Faulwasser. Towards pervasive computing in health care – a literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 8(1):26, 2008.
- [43] S.S. PatRocinadoRaS. V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. *Arq Bras Cardiol*, 89(3):e24–e79, 2007.
- [44] B. Piniewski, J. Muskens, L. Estevez, R. Carroll e R. Cnossen. Empowering health-care patients with smart technology. *Computer*, 43(7):27–34, 2010.
- [45] V. Rialle, F. Duchene, N. Noury, L. Bajolle e J. Demongeot. Health "smart"home: information technology for patients at home. *Telemedicine Journal and E-Health*, 8(4):395–409, 2002.
- [46] E. Sabaté. *Adherence to long-term therapies: evidence for action*. World Health Organization, 2003.
- [47] C.A. Segre, R.K. Ueno, K.R.J. Warde, T.A.D. Accorsi, M.H. Miname, C.K. Chi, A.M.G. Pierin e D.M. Júnior. Efeito hipertensão e normotensão do avental branco na liga de hipertensão do hospital das clínicas, fmusp: prevalência, características clínicas e demográficas. *Arq Bras Cardiol*, 80(2):117–21, 2003.
- [48] K.L. Silva, R. Sena, J.C.A. Leite, C.T. Seixas e A.M. Gonçalves. Internação domiciliar no sistema único de saúde. *Revista de Saúde Pública*, 39(3):391–397, 2005.

- 
- [49] L. Silva, S.A.F. Galera e V. Moreno. Encontrando-se em casa: uma proposta de atendimento domiciliar para famílias de idosos dependentes. *Acta Paul Enferm*, 20(4):397–403, 2007.
- [50] A.S. Tanenbaum e M. Van Steen. *Distributed systems: principles and paradigms*. Prentice-Hall of India Private Limited, 2003.
- [51] BH Tay e A.L. Ananda. A survey of remote procedure calls. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 24(3):68–79, 1990.
- [52] R. TCMSB. Trad lab. assistência domiciliar em saúde: subsídios para um projeto de atenção básica brasileira. *Cien Saude Colet*, 10:231–242, 2005.
- [53] J.M. Urriza, B.A. Novelli, JCB Leite e J.D. Orozco. Economia de energia em dispositivos móveis. Em *VI Workshop de Comunicação sem Fio e Computação Móvel*, pp. 48–56, 2004.
- [54] S.J. Wang, B. Middleton, L.A. Prosser, C.G. Bardon, C.D. Spurr, P.J. Carchidi, A.F. Kittler, R.C. Goldszer, D.G. Fairchild, A.J. Sussman et al. A cost-benefit analysis of electronic medical records in primary care. *The American Journal of Medicine*, 114(5):397–403, 2003.
- [55] T.S. Weber. Um roteiro para exploração dos conceitos básicos de tolerância a falhas. *Instituto de Informática–UFRGS, Especialização em Sistemas Distribuídos. taisy/disciplinas/textos/indiceroteiro. htm*. Dezembro, 2007.
- [56] M. Weiser. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):94–104, 1991.
- [57] A. Wood, J. Stankovic, G. Virone, L. Selavo, Z. He, Q. Cao, T. Doan, Y. Wu, L. Fang e R. Stoleru. Context-aware wireless sensor networks for assisted living and residential monitoring. *Network, IEEE*, 22(4):26–33, 2008.
- [58] X. Xiao e L.M. Ni. Internet QoS: A big picture. *Network, IEEE*, 13(2):8–18, 1999.