

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Programa de Pós-Graduação em Computação



Dissertação

**EXEHDA-TG: Uma Contribuição à Avaliação das Metas Terapêuticas
Explorando uma Abordagem Ubíqua Consciente de Situação**

Alexandre Renato Rodrigues de Souza

Pelotas, 2014

Alexandre Renato Rodrigues de Souza

**EXEHDA-TG: Uma Contribuição à Avaliação das Metas Terapêuticas
Explorando uma Abordagem Ubíqua Consciente de Situação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin
Coorientador: Prof^a. Dr^a. Ana Marilza Pernas Fleischmann

Pelotas, 2014

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S719e Souza, Alexandre Renato Rodrigues de

EXEHDA-TG: Uma Contribuição à Avaliação das Metas Terapêuticas Explorando uma Abordagem Ubíqua Consciente de Situação / Alexandre Renato Rodrigues de Souza; Adenauer Corrêa Yamin, orientador; Ana Marilza Pernas Fleischmann, coorientador. – Pelotas, 2014.

146 f. :il.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Medicina ubíqua. 2. Consciência de situação. 3. Resposta ao medicamento. 4. Meta terapêutica. I. Yamin, Adenauer Corrêa, orient. II. Fleischmann, Ana Marilza Pernas, coorient. III. Título.

CDD: 004.22

Banca examinadora:

Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa

Prof. Dr. Maurício Lima Pilla

Prof^a. Dr^a. Renata Hax Sander Reiser

Dedico este trabalho a minha esposa, Rosângela, amor da minha vida, por estar sempre a meu lado me apoiando, incentivando e criando o ambiente necessário para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Agradeço a ela por entender meus momentos de ausência, por me apoiar na busca pela realização de meus sonhos e por me encorajar em todos os momentos difíceis de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Concluída esta jornada, é com enorme alegria que exprimo o meu profundo agradecimento a todos que, de diversas formas e em vários momentos, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço primeiramente a Deus por me ajudar a atingir mais este objetivo. Ele foi meu refúgio e fortaleza nos momentos de adversidade.

Também agradeço...

Ao “mestre” Adenauer, meu orientador e amigo, por todos seus ensinamentos, pelo constante incentivo e pela oportunidade de convívio. Através de seu dom no ensino da Ciência e o espírito multiplicador de conhecimentos, proporcionou inestimáveis contribuições a minha vida acadêmica. O mestre é um grande exemplo de humildade, serenidade, perseverança e dedicação ao ensino. Lhe agradeço por doar seu tempo e compartilhar sua experiência para que minha formação fosse também um aprendizado de vida.

A meus filhos, Felipe e Isabela, por serem minhas fontes de inspiração e o motivo principal de minha dedicação em almejar um futuro melhor. Eles são, com certeza, as maiores obras de minha vida. Lembro, com carinho, de ter escrito muitos dos parágrafos desta dissertação com eles no colo.

A meus pais, Evaldo e Maria Helena, por sempre me apoiarem na superação de meus desafios e por serem minha referência de vida. A minha formação profissional não poderia ter sido concretizada sem sua ajuda. No decorrer da minha vida vocês me proporcionaram intenso amor e carinho, me fizeram compreender o valor da integridade e da perseverança, e me ensinaram a procurar sempre em Deus a força maior para o meu desenvolvimento como ser humano.

A minha querida irmã Sabrina, por sua valiosa contribuição neste trabalho e por sempre estar disposta a me ajudar.

A meu irmão Alexandro, por me apoiar e incentivar na busca e superação de novos desafios.

A meu avô “Manduca” e minha avó Arlinda (*in memoriam*), nos quais me espelhei em sua espiritualidade, humanismo e sabedoria. Vocês me ensinaram tanto, simplesmente sendo.

A Universidade Federal de Pelotas, que me proporcionou a oportunidade de cursar esta Pós-graduação em Ciência da Computação.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Computação da UFPEL pelo convívio e aprendizado.

A secretária do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Martha, que com toda sua simpatia, está sempre disposta a ajudar.

Ao colega e amigo Angelo Piegas, que com sua criatividade e senso estético, fez valiosas contribuições a este trabalho.

Ao prof. João Deschamps pelo constante incentivo e apoio durante todo o período de mestrado.

Ao colega e amigo Fabrício Neitzke pelas diversas trocas de experiências e por todas as horas de estudo que compartilhamos.

Aos colegas de mestrado, Márcia Gusmão, Carla Pires, Rodrigo Moura, Jerônimo Ramos, Ibero Benitez, Amanda Cardozo, Júlio Ruzicki, Rodolfo Favaretto, Francisco Mesquitta e Guilherme Krause pelo apoio, companheirismo e amizade.

Ao Cauê Duarte, Diego Jaccottet, Jeferson Rosário, Terezinha Pereira, Denis Moura, Rodrigo Souza e professora Ana Fleischmann por suas contribuições na elaboração deste trabalho.

Ao prof. João Ladislau Lopes por compartilhar seu conhecimento e por suas contribuições a este trabalho.

Aos professores Jorge Barbosa, Maurício Pilla e Renata Reiser por se disponibilizarem a participar como membros da banca de avaliação deste trabalho.

A Lifemed pelo apoio, investimento e por me proporcionar a oportunidade de aperfeiçoamento e busca do conhecimento.

Por fim, a todos aqueles que não foram mencionados, mas que de alguma forma também contribuíram para a elaboração desta dissertação.

A todos os meus sinceros agradecimentos.

Transportai um punhado de terra todos os dias e fareis uma montanha.
CONFÚCIO

RESUMO

SOUZA, Alexandre Renato Rodrigues de. **EXEHDA-TG: Uma Contribuição à Avaliação das Metas Terapêuticas Explorando uma Abordagem Ubíqua Consciente de Situação**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

O processo de terapia medicamentosa no ambiente hospitalar é complexo e sujeito a erros. Boas práticas têm sido desenvolvidas para reduzir a ocorrência de erros de medicação através da inclusão de verificações ao longo do mesmo. A premissa é que com o uso da tecnologia seja possível automatizar estas verificações, reduzindo o número de erros médicos que possam vir a ocorrer durante todo o ciclo do tratamento medicamentoso.

Neste sentido, esta dissertação tem como objetivo central a concepção de uma arquitetura de software direcionada a prover consciência da situação atual do paciente, denominada EXEHDA-TG. Esta arquitetura irá prover o acompanhamento da evolução dos sinais vitais do paciente, permitindo assim que o médico possa confirmar se está sendo atingido o efeito desejado com a administração dos medicamentos. Esse efeito desejado pelos médicos nos parâmetros vitais é, na arquitetura desenvolvida, chamado de Meta Terapêutica.

A arquitetura considera uma perspectiva distribuída, tanto para aquisição, como para processamento de informações contextuais. A proposta desenvolvida teve como premissa a sua integração a um *middleware* para computação ubíqua, compondo com o mesmo uma alternativa para atendimento às demandas na área médica.

O EXEHDA-TG automatiza a aquisição e viabiliza a avaliação dos sinais vitais baseado no conhecimento dos médicos especialistas. Alertas são gerados com base no estado clínico do paciente, considerando sua situação em um determinado intervalo de tempo. O envio de alertas faculta o emprego de dispositivos móveis, o que se mostra oportuno para a rotina de trabalho dos profissionais de saúde.

A avaliação do EXEHDA-TG foi feita por três cenários de uso, apresentando resultados satisfatórios na análise da evolução dos sinais vitais em função da Meta Terapêutica.

Palavras-chave: Medicina ubíqua, consciência de situação, resposta ao medicamento, meta terapêutica.

ABSTRACT

SOUZA, Alexandre Renato Rodrigues de. **A Contribution to the Evaluation of Therapeutic Goal Through a Situation Awareness Ubiquitous Proposal**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

The medication therapy process in the hospital environment is complex and error prone. Best practices have been developed to reduce the occurrence of medication errors by including verifications in the process. The premise is that with the use of technology, it is possible to automate these verifications, reducing the number of medical errors that may occur throughout the cycle of medication treatment.

Thus, this work is mainly focused on designing a software architecture aimed to providing the current situation awareness of the patient, called EXEHDA-TG. This architecture will provide monitoring the evolution of the patient's vital signs, thus allowing the doctor confirm that it is being reached desired effect with the administration of medications. This effect desired by doctors in vital parameters is, in the developed architecture, called Therapeutic Goal.

The architecture considers a distributed perspective to acquisition and processing of contextual information. The developed proposal was premised on its integration to a middleware for ubiquitous computing, producing an alternative to meet the demands in the medical field.

The TG-EXEHDA automates the acquisition and enables the assessment of vital signs based on the knowledge of medical experts. Alerts are generated based on the patient's clinical status, considering its situation at a given time interval. Sending alerts provides the use of mobile devices, which seems appropriate for the routine work of health professionals.

The evaluation of EXEHDA-TG was performed using three scenarios of use, through which it achieved satisfactory results in the analysis of the evolution of vital signs considering the Therapeutic Goal.

Keywords: ubihealth, situation awareness, medication response, Therapeutic Goal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Visão geral do trabalho.	20
Figura 2	Estrutura do texto.	22
Figura 3	Fluxo de informações na computação ubíqua	28
Figura 4	Lógica Temporal de Allen	31
Figura 5	Lógica Espacial de Allen	33
Figura 6	Arquitetura de software do <i>middleware</i> EXEHDA	37
Figura 7	Ambiente ubíquo	38
Figura 8	Organização dos subsistemas do EXEHDA	39
Figura 9	Arquitetura geral do projeto MTM-CC	45
Figura 10	Estrutura do documento XML com as informações de prescrição do medicamento	46
Figura 11	Plano de monitoramento do efeito do medicamento no Projeto MTM-CC	47
Figura 12	Informação de sintomas pelo paciente no Projeto MTM-CC	47
Figura 13	Arquitetura do Sistema de Suporte à Decisão utilizado pelo projeto HeartCycle	50
Figura 14	Ferramenta FYOFtool usada para fazer a previsão da resposta ao medicamento no projeto HeartCycle	51
Figura 15	Ferramenta MCEtool usada para fazer a avaliação da resposta e adesão à medicação no projeto HeartCycle	51
Figura 16	Visão geral da arquitetura do Projeto SIMAp	52
Figura 17	Criação de regras no projeto SIMAp	53
Figura 18	Teste e validação da arquitetura do projeto SIMAp	54
Figura 19	Arquitetura do projeto PA-DSS	56
Figura 20	Regra Prolog no projeto PA-DSS	56
Figura 21	Exemplo de regra no projeto PA-DSS	57
Figura 22	Exemplo de Meta Terapêutica	63
Figura 23	Meta Terapêutica baseada na técnica temporal de Allen	64
Figura 24	EXEHDA-TG: Visão geral da infraestrutura computacional	65
Figura 25	EXEHDA-TG: Arquitetura do Servidor de Integração	67
Figura 26	Módulos de Aquisição e Publicação do Servidor de Integração	68
Figura 27	Módulo de Atuação do Servidor de Integração	71
Figura 28	Arquitetura do Servidor de Avaliação	73
Figura 29	Arquitetura do Módulo de Acesso Móvel	78

Figura 30	Componentes básicos de um sistema de infusão	88
Figura 31	Bomba de infusão LFSmart	89
Figura 32	Monitor de sinais vitais Lifetouch.10	90
Figura 33	A) Pulseira com etiqueta RFID; B) Portal de leitura de etiquetas RFID; C) Portal RFID instalado no corredor de acesso a UTI do hospital	91
Figura 34	<i>Smartphone</i> Samsung GT-S5830B	92
Figura 35	Raspberry Pi modelo B	92
Figura 36	EXEHDA-TG - Seleção do paciente	93
Figura 37	EXEHDA-TG - Seleção do dado clínico	94
Figura 38	EXEHDA-TG - Interface gráfica	94
Figura 39	EXEHDA-TG - Comparação entre dados clínicos	95
Figura 40	EXEHDA-TG - Visualização dos dados coletados na última semana	96
Figura 41	EXEHDA-TG - Informações estatísticas	97
Figura 42	EXEHDA-TG - Alerta enviado via e-mail	97
Figura 43	EXEHDA-TG - Alerta enviado via SMS	98
Figura 44	EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Tela de abertura	98
Figura 45	EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Informações gráficas	99
Figura 46	EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Informações textuais	99
Figura 47	EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Alerta	100
Figura 48	Cenário de uso 1: A) Parâmetros fisiológicos do paciente MRS sendo coletados pelo monitor de sinais vitais Lifemed LFTouch.10. B) Parâmetros de programação da bomba de infusão Lifemed LFSmart. C) Tela da bomba de infusão apresentando o <i>status</i> da administração do medicamento Noradrenalina	102
Figura 49	Cenário de uso 1 - relatório textual da evolução da PAM apresentado pela aplicação para navegadores	102
Figura 50	Cenário de uso 1 - evolução da PAM e limites da Meta Terapêutica	103
Figura 51	Cenário de uso 2: A) Parâmetros fisiológicos da paciente FBS sendo coletados pelo monitor de sinais vitais. B) Parâmetros de programação da bomba de infusão. C) Tela da bomba de infusão apresentando o <i>status</i> da administração do medicamento Nitroprussiato de Sódio	105
Figura 52	Cenário de uso 2 - evolução da PAS e limites da Meta Terapêutica	106
Figura 53	Cenário de uso 2 - evolução da PAD e limites da Meta Terapêutica	106
Figura 54	Cenário de uso 3: A) Parâmetros fisiológicos do paciente PSS sendo coletados pelo monitor de sinais vitais. B) Parâmetros de programação da bomba de infusão. C) Tela da bomba de infusão apresentando o <i>status</i> da administração do medicamento Dopamina	108
Figura 55	Cenário de uso 3 - evolução da FC e limites da Meta Terapêutica	109
Figura 56	Cenário de uso 3 - evolução da PAS e limites da Meta Terapêutica	109
Figura 57	Cenário de uso 3 - evolução da PAD e limites da Meta Terapêutica	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Amostra de dados capturados no projeto PA-DSS	57
Tabela 2	Trabalhos relacionados ao EXEHDA-TG	81
Tabela 3	Cenário de uso 1 - parametrização da Meta Terapêutica	101
Tabela 4	Cenário de uso 1 - evolução da PAM	102
Tabela 5	Cenário de uso 2 (meta A) - parametrização da Meta Terapêutica .	104
Tabela 6	Cenário de uso 2 (meta B) - parametrização da Meta Terapêutica .	104
Tabela 7	Cenário de uso 2 - evolução dos sinais vitais	104
Tabela 8	Cenário de uso 3 (meta A) - parametrização da Meta Terapêutica .	107
Tabela 9	Cenário de uso 3 (meta B) - parametrização da Meta Terapêutica .	107
Tabela 10	Cenário de uso 3 (meta C) - parametrização da Meta Terapêutica .	107
Tabela 11	Cenário de uso 3 - evolução dos sinais vitais	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADEs	<i>Adverse Drug Events</i>
BAN	<i>Body Area Network</i>
BSN	<i>Body Sensor Networks</i>
CDTec	Centro de Desenvolvimento Tecnológico
CO2	Gases respiratórios/capnografia
CRF	<i>Condition Random Fields</i> - Campos Condicionais Randômicos
DSS	<i>Decision Support Systems</i>
EAs	Eventos Adversos
ECA	Evento-Condição-Ação - <i>Event-Condition-Action</i>
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
GELC	Gramáticas Estocástica Livres de Contexto - <i>Stochastic Context-Free Grammars</i> (SCFG)
HMM	<i>Hidden Markov Models</i> - Modelos ocultos de Markov
IA	Inteligência Artificial
<i>LFi</i>	Limite Final Inferior
<i>LFs</i>	Limite Final Superior
<i>Lli</i>	Limite Inicial Inferior
<i>Lls</i>	Limite Inicial Superior
LUPS	<i>Laboratory of Ubiquitous and Parallel Systems</i>
MIMIC	<i>Multi-parameter Intelligent Monitoring for Intensive Care</i>
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>

PI	Pressão arterial Invasiva
PNI	Pressão arterial Não Invasiva
PS	Potássio Sérico
RCC	Region Connection Calculus
RESP	Respiração ou apnéia por impedância
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>
RSSF	Rede de Sensores sem Fio
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SIMAp	Sistema Inteligente de Monitoramento e Envio de Alertas de Pacientes
SMS	<i>Short Message Service</i>
SoC	<i>System on a Chip</i>
SPO2	Oximetria de pulso
SPO2	Saturação Parcial de Oxigênio
SVM	<i>Support Vector Machines</i> - Máquinas de Vetor de Suporte
TEDI	<i>Treatment Effect Deviation Index</i>
TEMP	Temperatura corporal
TG	<i>Therapeutic Goal</i>
UTI	Unidades de Terapia Intensiva
WBAN	<i>Wireless Body Area Network</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Tema de pesquisa	19
1.2	Motivações e objetivos	19
1.3	Visão geral do trabalho	20
1.4	Estrutura do texto	22
2	ESCOPO DO TRABALHO	24
2.1	Computação ubíqua	24
2.2	Consciência de situação	25
2.3	<i>Middleware</i> EXEHDA	35
2.4	Administração de medicamentos: conceitos e procedimentos	40
2.5	Considerações sobre o capítulo	43
3	TRABALHOS RELACIONADOS	44
3.1	Projeto MTM-CC	44
3.2	Projeto <i>HeartCycle</i>	47
3.3	Projeto SIMAp	50
3.4	Projeto PA-DSS	54
3.5	Considerações sobre o capítulo	58
4	EXEHDA-TG: ARQUITETURA E FUNCIONALIDADES	59
4.1	Visão geral da proposta	59
4.1.1	Técnica adotada no EXEHDA-TG para identificação de situação	60
4.1.2	Especificação da Meta Terapêutica	61
4.2	EXEHDA-TG: arquitetura proposta	64
4.2.1	Servidor de Integração	66
4.2.2	Servidor de Avaliação	73
4.3	Discussão dos trabalhos relacionados	81
4.4	Considerações sobre o capítulo	86
5	EXEHDA-TG: ESTUDO DE CASO	87
5.1	Recursos utilizados	87
5.1.1	Bombas de infusão	87
5.1.2	Monitores de sinais vitais	89
5.1.3	Sensores RFID	90
5.1.4	<i>Smartphone</i>	91
5.1.5	Servidor de Integração	92
5.1.6	Servidor de Avaliação	93

5.2	EXEHDA-TG: funcionalidades disponibilizadas	93
5.3	Cenários de uso	98
5.3.1	Cenário de uso 1: choque séptico	101
5.3.2	Cenário de uso 2: crise hipertensiva	103
5.3.3	Cenário de uso 3: bloqueio atrioventricular total com bradicardia	105
5.4	Considerações sobre o capítulo	108
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
6.1	Principais conclusões	111
6.2	Trabalhos futuros	112
6.3	Publicações	114
	REFERÊNCIAS	116
	APÊNDICE A AQUISIÇÃO DE SINAIS VITAIS	124
A.1	Tipos de sinais vitais	124
A.2	Projetos para aquisição de sinais vitais	129
A.2.1	CodeBlue	129
A.2.2	MobiHealth	131
A.2.3	UbiMon	132
A.2.4	Alarm-Net	135
	APÊNDICE B PROJETOS EM MEDICINA UBÍQUA	138
B.1	<i>ABC (Activity-Based Computing): support for mobility and collaboration in ubiquitous computing</i>	138
B.2	ClinicSpace: modelagem de uma ferramenta piloto para definição de tarefas clínicas em um ambiente de computação	140
B.3	Pertmed: Sistema de Telemedicina Móvel (disponibilizando a informação onde ela é necessária)	142
B.4	UbiDoctor: Serviço de Gerenciamento de Sessão para Ambientes de Medicina Ubíqua	143

1 INTRODUÇÃO

Em um futuro próximo a maioria dos países enfrentará enormes desafios para prover serviços de saúde a sua população. Pode-se citar como exemplos desses desafios o envelhecimento da população, o aumento rápido de doenças crônicas relacionados ao atual estilo de vida das pessoas, a redução do número de profissionais de saúde frente ao aumento da população e a demanda crescente por novos tratamentos médicos e tecnologias. Neste cenário, o modelo atual de cuidados à saúde terá cada vez mais dificuldades em atender a esses desafios, já que o mesmo está baseado em profissionais especializados, os quais estão concentrados em hospitais de grande porte e com foco no tratamento de casos agudos (KUMAR et al., 2013; MORAES; SOUZA; PRADO, 2009).

Tradicionalmente, os medicamentos têm sido usados como uma das ferramentas fundamentais em medicina para reduzir a mortalidade prematura, morbidade, e para ajudar a melhorar a qualidade de vida dos pacientes. O benefício de seu uso tem sido demonstrado inúmeras vezes na história da medicina. No entanto, sabe-se que esse benefício implica em riscos. Os riscos associados com a administração de medicamentos vêm sendo estudados desde meados do século XX. A preocupação com a segurança dos fármacos se elevou nos anos 60, quando a administração de medicamentos tornou-se assunto de numerosos estudos com o objetivo de estabelecer sistemas de detecção, prevenção e comunicação de problemas (MELLO, 2012; PABLOS, 2008).

Considerando que o processo de terapia medicamentosa no ambiente hospitalar é complexo e vulnerável a falhas, boas práticas têm sido desenvolvidas para ajudar a evitar a ocorrência de erros de medicação. Assim, tem-se buscado uma maior segurança e prevenção de danos ao paciente. O uso da tecnologia pode trazer mais segurança através da automatização destas práticas, reduzindo o número de erros médicos que podem ocorrer durante todo o ciclo do tratamento medicamentoso.

Recentes desenvolvimentos em tecnologias móveis, sem fio e de sensoriamento nos aproximam da chamada 'era ubíqua' da computação, onde os computadores e os sensores estão distribuídos e integrados em objetos e no ambiente. A fim de

disponibilizar tais serviços, dados relacionados ao usuário e ao ambiente precisam ser coletados constantemente e de forma distribuída, provendo uma nova forma de monitoramento onipresente (KUMAR et al., 2013; MORAN; NAKATA, 2009).

O suporte para obtenção da situação do paciente disponibilizado pela computação ubíqua é baseado na percepção de sinais vitais do mesmo, a qual é provida por meio de informações sensoriadas. Estes sensores interagem com os pacientes, de forma que o sistema de computação ubíqua forneça serviços que reajam de acordo com o contexto. A consciência de situação (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012) é uma forma promissora de ampliar os modelos tradicionais de monitoramento e alerta, e que pode auxiliar a desenvolver aplicações mais robustas e capazes de melhor atenderem às necessidades da comunidade em um ambiente hospitalar.

1.1 Tema de pesquisa

O tema de pesquisa do trabalho está relacionado a concepção de uma arquitetura de software, chamada EXEHDA-TG, para prover suporte à consciência de situação do paciente dentro de ambientes hospitalares. O EXEHDA-TG irá automatizar o acompanhamento dos sinais vitais em função da medicação com o objetivo de prover suporte computacional aos médicos na avaliação à resposta do paciente ao tratamento. A arquitetura considera uma perspectiva distribuída, tanto para aquisição, como para processamento de informações contextuais e a correspondente atuação no ambiente hospitalar. A proposta desenvolvida tem como premissa a sua integração a um *middleware* para computação ubíqua, compondo com o mesmo uma alternativa para atendimento às demandas na área médica.

1.2 Motivações e objetivos

A computação ubíqua, introduzida no trabalho (WEISER, 2001), tem como premissa incorporar os dispositivos computacionais ao cotidiano das pessoas, de tal forma que a interação com os mesmos seja feita de maneira o mais transparente possível (CÁCERES; FRIDAY, 2012). Uma melhoria viabilizada pela computação ubíqua para os profissionais de saúde é a possibilidade deste lidar com a aquisição de diferentes informações clínicas de pacientes, através da automatização dos processos de aquisição e processamento das mesmas (BARDHAM; CHRISTENSEN, 2007).

Neste sentido, esta dissertação tem como objetivo central a concepção de uma arquitetura de software para um ambiente ubíquo direcionada a prover consciência da situação atual de pacientes. O EXEHDA-TG irá acompanhar a evolução dos sinais vitais, permitindo assim que o médico possa confirmar se está sendo atingido o efeito desejado com a administração de medicamentos. Esse efeito desejado

pelos médicos nos parâmetros vitais é, na arquitetura proposta, chamado de Meta Terapêutica (*Therapeutic Goal* - TG). Uma Meta Terapêutica poderia ser, por exemplo, elevar os batimentos cardíacos ou estabilizar a pressão arterial do paciente.

Como objetivos específicos, as atividades de estudo e pesquisa da dissertação contemplam:

- identificação do estado da arte em medicina ubíqua;
- concepção de uma arquitetura de hardware e software para aquisição da situação clínica do paciente;
- avaliação da situação clínica do paciente tendo em vista a Meta Terapêutica prevista, com o disparo dos respectivos procedimentos;
- geração de alertas clínicos referentes aos paciente e ao estado das bombas de infusão na perspectiva da computação ubíqua; e,
- divulgação do trabalho desenvolvido em periódicos e eventos.

Desta forma, espera-se contribuir com os serviços prestados no ambiente hospitalar, em particular com as terapias clínicas referentes a administração de medicamentos.

1.3 Visão geral do trabalho

Na figura 1 é apresentada uma visão geral do escopo do trabalho de pesquisa desenvolvido.

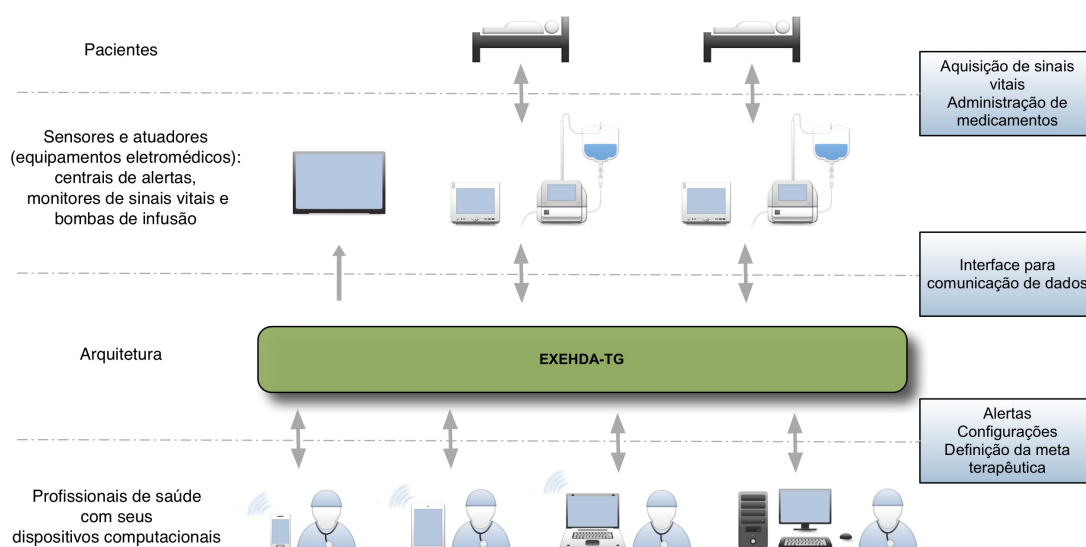


Figura 1: Visão geral do trabalho.

A arquitetura foi desenvolvida para uso dentro do ambiente hospitalar em Unidades de Tratamento Intensivo (UTI). Os pacientes são internados nesse setor porque apresentam um quadro clínico grave ou por terem sido submetidos a uma cirurgia (LEITE, 2011).

A administração de medicamentos faz parte das terapias para tratamento de saúde dos pacientes internados em uma UTI. As bombas de infusão são equipamentos eletromédicos que precisam ser incorporadas nesse processo quando a precisão na dose de administração de medicamentos é um requisito da terapia. Os monitores de sinais vitais compõem esse cenário, os quais, através de sensores conectados ao paciente, permitem que seus dados clínicos sejam apresentados na tela do equipamento.

Nesta perspectiva, o EXEHDA-TG contribui verificando os efeitos dos medicamentos no paciente através do acompanhamento da evolução de seus sinais vitais. Na arquitetura se considera que os fármacos sejam administrados através de bombas de infusão e a evolução dos sinais vitais seja acompanhada por meio de monitores.

A arquitetura desenvolvida automatiza a aquisição e viabiliza a avaliação dos sinais vitais baseada no conhecimento dos médicos, os quais especificam no EXEHDA-TG a Meta Terapêutica a ser perseguida.

Os alertas foram concebidos para serem apresentados nos dispositivos computacionais (computadores *desktops*, *smartphones*, *tablets* e *notebooks*) dos profissionais de saúde e em uma central de alertas. A central de alertas é uma TV LCD *Full HD*, localizada na UTI, junto ao centro de enfermagem.

Na visão geral do trabalho, resumida na figura 1, estão contemplados os seguintes aspectos:

- definição da Meta Terapêutica pelos médicos;
- interface para comunicação de dados com os monitores de sinais vitais, possibilitando a aquisição dos parâmetros fisiológicos dos pacientes e a gravação em um banco de dados para futuras consultas e avaliação;
- interface para comunicação de dados com as bombas de infusão para acompanhamento do processo de administração de medicamentos;
- avaliação da situação da Meta Terapêutica dos pacientes e do estado de operação dos equipamentos eletromédicos de forma distribuída, através de regras;
- computar regras de forma distribuída, tanto no equipamento que faz a aquisição de sinais vitais junto aos monitores multiparamétricos, como naquele que centraliza as informações utilizadas para determinação das situações;

- envio, de forma ubíqua, dos alertas referentes a avaliação da Meta Terapêutica e dos dados das bombas de infusão para os dispositivos computacionais (computadores *desktops*, *smartphones*, *tablets* e *notebooks*) dos profissionais de saúde;
- interface com a central de alertas, apresentando mensagens em uma TV de tela grande localizada junto ao centro de enfermagem da UTI.

1.4 Estrutura do texto

O texto é composto por seis capítulos e dois apêndices. O uso de apêndices tem por finalidade contribuir para a objetividade da leitura e ao mesmo tempo resguardar a disponibilidade dos estudos complementares que foram organizados durante as pesquisas referentes ao EXEHDA-TG. A relação entre as partes do texto está caracterizada na figura 2.

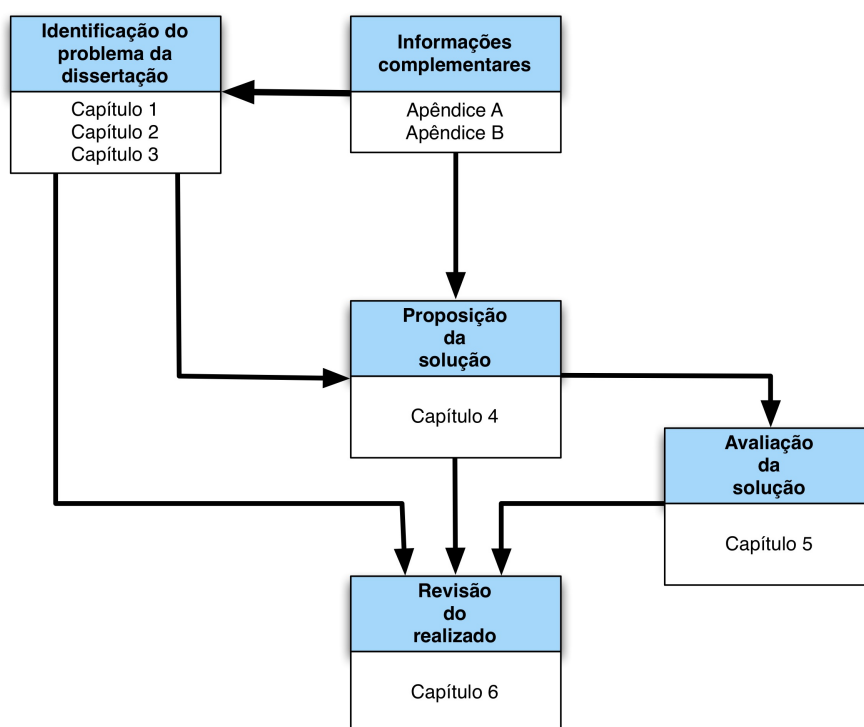


Figura 2: Estrutura do texto.

O capítulo um descreve o tema de pesquisa, as motivação para o tema escolhido, os objetivos propostos, uma visão geral do trabalho desenvolvido e a estrutura do texto.

No capítulo dois é apresentado o escopo da pesquisa realizada, envolvendo conceitos sobre computação ubíqua, consciência de situação, o *middleware* EXEHDA e uma revisão sobre conceitos na administração de medicamentos.

O capítulo três apresenta o estudo feito, quando da revisão de literatura, para identificação de trabalhos relacionados ao EXEHDA-TG.

No capítulo quatro é apresentada a visão geral da proposta, a arquitetura desenvolvida e as discussões a cerca dos trabalhos relacionados.

O capítulo cinco apresenta os recursos utilizados pelo EXEHDA-TG, as funcionalidades disponibilizadas pela arquitetura e os cenários de uso.

No capítulo seis é feito o fechamento do trabalho, sendo apresentadas as considerações finais. Também são relacionados os trabalhos futuros previstos e as publicações realizadas.

O apêndice A apresenta os conceitos, tecnologias e projetos para aquisição de sinais vitais.

O apêndice B tem por objetivo registrar o estudo feito quando da revisão de literatura, apresentando outros trabalhos representativos na área, porém não tão estritamente relacionados às frentes de pesquisa contempladas nesta dissertação.

2 ESCOPO DO TRABALHO

Este capítulo tem por objetivo apresentar um resumo sobre os principais fundamentos conceituais utilizados na modelagem do EXEHDA-TG. Em sua primeira seção estão descritos os conceitos pertinentes à computação ubíqua. Na segunda seção são explorados os conceitos relativos à consciência de situação e a descrição das técnicas mais utilizadas para sua identificação. Na terceira seção são apresentadas as características e funcionalidades do *middleware EXEHDA (Execution Environment for Highly Distributed Applications)* (LOPES et al., 2012; YAMIN, 2004), responsável por disponibilizar o ambiente ubíquo do trabalho. Na quarta seção são apresentadas as boas práticas que têm sido desenvolvidas para ajudar a evitar a ocorrência de erros de medicação.

2.1 Computação ubíqua

O termo computação ubíqua (ubiquitous computing) foi introduzido por Mark Weiser quando o mesmo era o diretor de tecnologia do Centro de Pesquisa da Xerox em Palo Alto (PARC) (WEISER, 1991). Weiser descreveu a computação ubíqua como sendo uma proposta a ser desenvolvida, onde computadores estariam incorporados no cotidiano, de tal forma que a interação com as pessoas seria feita de maneira natural e imperceptível aos olhos de usuários leigos (CÁCERES; FRIDAY, 2012). Para isto, estes dispositivos precisam explorar as formas usuais de comunicação dos usuários e fazer a captura dos seus contextos de interesse. A captura de contextos se refere a possibilidade dos computadores terem seu comportamento adaptado de acordo com o ambiente, tendo portanto consciência da situação de seu interesse (KNAPPMAYER et al., 2013). Na ubiquitous computing também é necessário que os dispositivos reconheçam-se uns aos outros e façam, quando necessário, conexões automáticas entre si.

A computação ubíqua também é associada a termos como tecnologia tranquila (*calm technology*), ambientes inteligentes (*intelligence ambient*), computação proativa (*proactive computing*), internet das coisas (*internet of things*), computação invisível (*invisible computing*), entre outras denominações. No entanto, os termos computação

pervasiva e computação ubíqua são os mais utilizados (CÁCERES; FRIDAY, 2012).

O crescimento no uso de dispositivos computacionais de diferentes naturezas (de mesa, móveis e embarcados) e suas decorrentes interações com os seres humanos produz uma quantidade significativa de dados, serviços e aplicações que necessitam ser processados a qualquer momento (*anytime*), em qualquer lugar (*anywhere*) e adaptados para diversos dispositivos (*anydevice*), qualquer rede (*anynetwork*), dentro de parâmetros que refletem alta disponibilidade (*always-on*). Essa computação é baseada na onipresença (ubiquidade) e no esforço de qualificar as interfaces de hardware e software para o usuário final (LOPES et al., 2012).

Nesta perspectiva, a computação ubíqua tem como objetivo a criação de um ambiente focado no usuário e nas atividades que ele deseja realizar. Este conceito tem como premissa que o sistema computacional irá executar as tarefas secundárias, permitindo que o usuário foque nas atividades de seu maior interesse.

Na ubicomp as estratégias computacionais não usam diretamente as soluções adotadas pelos sistemas distribuídos tradicionais, pois não há garantia de conectividade permanente e disponibilidade dos recursos e serviços necessários. Neste sentido, os sistemas ubíquos precisam ter uma arquitetura com características intrínsecas de mobilidade, flexibilidade e adaptabilidade. Assim, estes sistemas demandam, quando do desenvolvimento de aplicações, que seja considerado que a disponibilidade de recursos e serviços apresente natureza imprevisível.

Os sistemas ubíquos também devem considerar outras características herdadas dos sistemas distribuídos, tais como: (i) escalabilidade - número potencial de usuários atendidos; (ii) heterogeneidade - necessidade de atender diferentes equipamentos e redes móveis; e (iii) dinamismo, devido a inconstância na disponibilidade de recursos e pela mobilidade do usuário.

Assim, o ambiente computacional ubíquo é heterogêneo e dinâmico, composto de aplicações capazes de se adaptarem às mudanças de contexto, disponibilidade de recursos, políticas e perfis dos usuários. Considerando isto, os programadores necessitam de abstrações de alto nível para reduzir o esforço de programação decorrente da complexidade quando do desenvolvimento de aplicações para ambientes ubíquos.

Considerando a frente de estudo desta dissertação de mestrado, a próxima seção irá tratar sobre conceitos relacionados à consciência de situação, a qual é um dos focos de pesquisa do trabalho desenvolvido.

2.2 Consciência de situação

O suporte para obtenção da situação do paciente, disponibilizado pela computação ubíqua, é baseado na percepção de sinais vitais do mesmo, a qual é provida por meio

de dados de contexto sensoriados. Esses dados podem ser sua localização e sinais vitais; bem como informações do ambiente onde o paciente está localizado, tais como temperatura, umidade e luminosidade, dentre outros. O avanço das tecnologias de sensoriamento oportunizou progressos significativos na concepção de sensores de tamanhos menores, mais leves, com menor custo e maior autonomia de suas baterias. Estes sensores interagem com as pessoas e com o ambiente, de forma que o sistema de computação ubíqua dispare procedimentos de acordo com o contexto de interesse do usuário (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012).

Devido à complexidade dos dados sensoriados (tais como precisão, exatidão e relevância temporal), as aplicações devem evitar fazer inferências sobre informações fornecidas por cada um dos sensores (tais como temperatura, frequência cardíaca ou pressão arterial), e sim sobre informações de mais alto nível abstraídas dos dados individualmente sensoriados. Uma abstração envolvendo vários sensores, permitiria diferenciar se o usuário está tendo uma arritmia cardíaca ou fazendo exercícios. Esta abstração em alto nível de dados sensoriados, que define um estado específico de uma entidade, é chamada de situação (PERNAS, 2012). A entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto, todos relevantes para a interação entre o usuário e a aplicação.

Portanto, a situação é uma abstração de eventos ocorrendo no mundo real, derivada de contextos e hipóteses de como estes contextos observados estão relacionados aos fatos de interesse do projetista da aplicação. As situações produzem para as aplicações significado sobre os dados adquiridos pelos sensores. A consciência de situação é uma forma promissora de resolver as limitações relacionadas aos modelos simples de representação de contexto, e que pode auxiliar a desenvolver aplicações mais robustas e capazes de melhor atenderem às necessidades dos usuários. Outra vantagem introduzida pelo uso de situações está na possibilidade das mesmas proporcionarem uma representação potencialmente mais compreensível pelos humanos dos dados sensoriados (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012).

A identificação e a decorrente reação às diversas situações que ocorrem no ambiente, provenientes da inferência sobre dados adquiridos por diversos sensores, é uma atividade complexa para os sistemas computacionais. É necessário que as aplicações considerem a relação entre as diferentes situações, identificando por exemplo as que não podem ocorrer ao mesmo tempo (como escrever e tomar banho) e a coerência em sua ordem de ocorrência (como acordar e imediatamente ir correr). Além disto, outros aspectos como a imprecisão inerente dos dados provenientes dos sensores, e as limitações das regras de inferência, também contribuem para a complexidade da detecção de situações, uma vez que estes aspectos introduzem fatores que, em diversos casos, podem ser de difícil tratamento. Registre-se que a

necessidade do emprego de sensores de diferentes naturezas elevam a complexidade na interpretação de dados aquistados.

Por outro lado, diversos outros fatores contribuem para a complexidade no processo de aquisição de dados sensoriados, dentre estes destacaríamos a validade temporal da captura (perda da relevância da informação aquistada com o passar do tempo), as limitações técnicas da eletrônica envolvida, as eventuais desconexões da rede de sensores, os defeitos, entre outros (NAYAK; STOJMENOVIC, 2010; JEONG et al., 2010). Por fim, o uso de sensores em aplicações práticas também deve levar em consideração possíveis interferências provenientes do ambiente. Todos estes fatores podem comprometer a correta interpretação no estado situacional do usuário ou ambiente, o que se reverte em uma dificuldade efetiva para transformar os dados sensoriados em informações compreensíveis e úteis para as aplicações.

Na figura 3 é apresentado o fluxo geral de informações de um sistema de computação ubíqua, baseada em um cenário típico de *home care* (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012). Na parte inferior da figura podem ser observados os dados brutos aquistados pelos sensores, a partir dos quais são derivadas as informações de contexto, criando assim uma nova camada de alto nível. Assim é possível ver o contexto como uma informação estruturada que descreve uma característica do usuário ou ambiente. Por exemplo, no domínio da localização, um contexto de coordenadas geográficas pode ser definido através de três valores numéricos medidos em metros; enquanto que no domínio da temperatura, um contexto pode ser definido através de um valor numérico e uma unidade de medição em Celsius ou Fahrenheit.

Por sua vez, um contexto secundário é aquele proveniente do processamento, por uma determinada função, dos dados de um sensor. Por exemplo, na figura 3, um contexto de localização chamado de “salaDeEstudos” é mapeado para um conjunto de coordenadas que são válidas dentro de uma determinada região do prédio.

De acordo com (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012) existem relações semânticas entre os contextos de um determinado domínio, tais como os diferentes níveis de granulosidade, sobreposição e conflitos. Por exemplo, a partir do mapa de uma casa, pode-se especificar as relações espaciais entre os contextos de localização, tais como: a localização do contexto “sala de estudos” possui uma granulosidade mais fina do que o contexto “casa” (pois está espacialmente contido em seu interior), e está em conflito com o contexto “quarto” (espacialmente separados).

Uma situação de uma entidade é identificada iniciando pela coleta de contextos relevantes para a mesma, seguida pela avaliação das relações significativas entre estes contextos, e pela definição de um nome que descreva o estado da entidade de forma semelhante ao que faria um humano. Uma expressão lógica que sistematize a correlação entre propriedades de contextos é chamada de especificação de uma situação. Os dados aquistados pelos sensores são abstraídos para uma

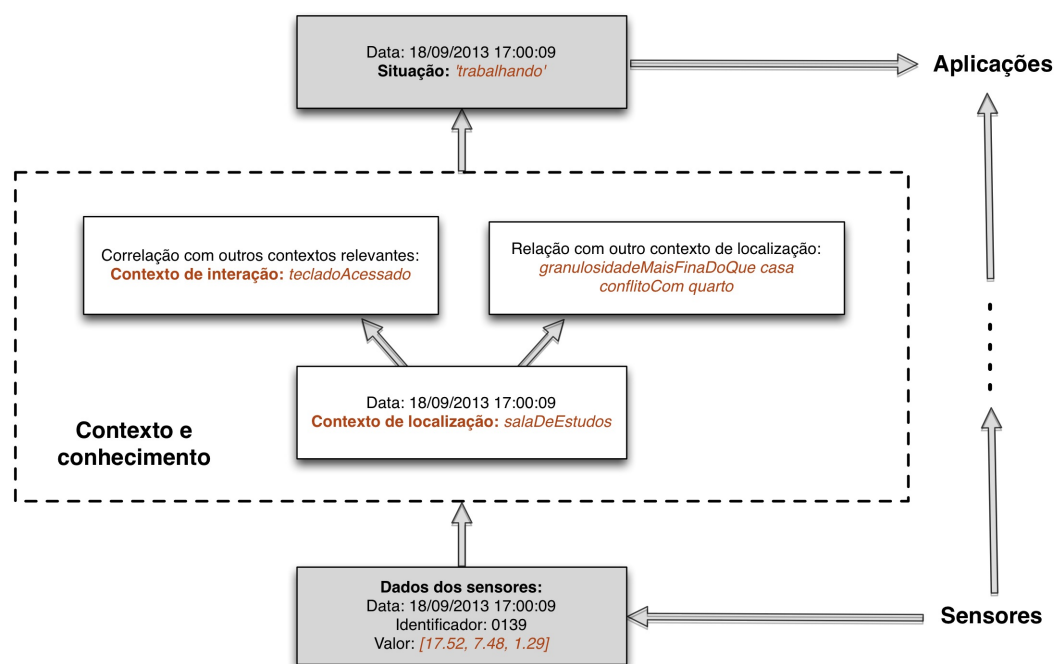


Figura 3: Fluxo de informações na computação ubíqua. Adaptado de (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012).

determinada situação através da avaliação desta expressão lógica, a qual irá acionar os procedimentos correlacionados à esta situação identificada.

Por exemplo, na figura 3 o contexto de localização “salaDeEstudos”, em conjunto com o contexto de interação “tecladoAcessado”, indica que o teclado de um computador *desktop* localizado na sala de estudos foi acessado. Esses dois contextos são considerados relevantes e compartilham a mesma semântica de localização - a sala de estudos. Esta correlação forma uma especificação de uma situação que possui a denominação “trabalhando”. Um procedimento do aplicativo pode ser definido para ser executado quando esta situação ocorrer, tal como o ajuste do volume do som ambiente.

Na perspectiva da ubicomp, de minimizar o envolvimento do usuário, a qualquer momento que os sensores de localização e interação capturarem as condições pertinentes da situação associada, o procedimento do aplicativo associado a essa situação será executado automaticamente.

Para que as aplicações diferenciem corretamente o que é uma situação são empregadas características como: (i) horário: uma situação só pode acontecer em um determinado momento do dia; (ii) duração: só dura um determinado período de tempo; (iii) frequência: só pode acontecer um determinado número de vezes em um intervalo de tempo específico (dia, mês, semana, etc.), e; (iv) sequência cronológica: diferentes situações somente podem ocorrer em uma determinada ordem. Uma situação pode ser um simples e abstrato estado de uma entidade (tal como o carro está

estacionado) ou uma ação de uma pessoa (tal como “estudando”, “trabalhando” ou “correndo”). Uma situação também pode ser formada ou abstraída de outras situações com granulosidades mais fina; como por exemplo, uma situação de “cozinhando” inclui as situações mais específicas como “aquecendo o forno”, “cortando legumes” e “temperando o molho”.

As relações que as situações podem possuir são as seguintes (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012):

- **generalização:** uma situação pode ser considerada como mais geral do que outra, se a sua ocorrência têm implicação em outra mais específica. Por exemplo, a situação “divertindo-se”, generaliza a situação “assistindo televisão”;
- **composição:** uma situação pode ser decomposta em um conjunto situações menores. Por exemplo, “cozinhando” é composta de “aquecendo o forno” e “temperando o molho”;
- **dependência:** uma situação depende de outra situação se a ocorrência da primeira é determinada pela ocorrência da segunda;
- **contradição:** duas situações podem ser consideradas como mutuamente exclusivas se elas não podem ocorrer ao mesmo tempo, no mesmo lugar e com a mesma entidade. Por exemplo, um usuário não pode estar nas situações “cozinhando” e “dormindo” ao mesmo tempo;
- **sequência temporal:** uma situação pode ocorrer antes ou depois de outra situação, ou ainda intercalar com outra situação. Por exemplo, “tomando medicamento” deve ser realizada depois de “jantar”.

De acordo com (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012) os principais tópicos de pesquisa em consciência de situação envolvem as seguintes questões:

- **representação:** como definir as primitivas que serão utilizadas para construir a especificação lógica de uma situação;
- **especificação:** de como formar uma especificação lógica da situação, a qual pode ser definida por especialistas ou aprendida por meio de um treinamento;
- **raciocínio:** como inferir situações de uma grande quantidade de dados de sensores, como associar as relações entre situações e como manter a consistência e integridade de conhecimento das situações.

Técnicas para identificação de situação

Nesta seção serão apresentadas algumas das técnicas de identificação de situação que estão sendo pesquisadas em computação ubíqua.

Abordagens baseadas em especificação

Estas abordagens são utilizadas quando o sistema possui poucos sensores, os dados são fáceis de interpretar e as relações entre dados e situações dos sensores são facilmente estabelecidas (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012). Consiste em representar, através de um modelo de situação, o conhecimento especializado através de regras lógicas e aplicar mecanismos de raciocínio para identificar situações a partir dos dados adquiridos pelos sensores.

- **Programação lógica**

Assume que o conhecimento a respeito de situações pode ser modularizado ou discretizado (LOKE, 2010). O principal objetivo dessa técnica é proporcionar a fundamentação teórica para construção de sistemas que sejam capazes de: (i) formalmente representar as especificações lógicas das situações; (ii) verificar a integridade e a consistência das especificações das situações em uma base de regras, e; (iii) estender os sistemas existentes para incorporar dados de mais sensores e reconhecer mais situações.

- **Ontologias**

Permite representar os dados de contexto de forma que estes podem ser entendidos e compartilhados por humanos e computadores (CHEN et al., 2009). As ontologias podem ser utilizadas para interpretações no que se refere a detecção de inconsistências, derivação de novos conhecimentos e também no reconhecimento de atividades.

- **Lógica Fuzzy**

A teoria dos conjuntos nebulosos é utilizada para lidar com incertezas através do uso de funções de pertinência (ZADEH, 1965). Na computação ubíqua, a lógica Fuzzy é utilizada para mapear os dados de sensores para variáveis linguísticas que tenham significado humano e sejam capazes de serem avaliadas. É utilizado um limiar, definido por especialistas ou pelas experiências dos usuários, que define a qual faixa de valores os dados dos sensores pertencem. Ela permite que o conhecimento impreciso seja modelado, podendo ser aplicada no raciocínio de situações com incerteza (HAGHIGHI et al., 2008; LEITE, 2011).

- **Lógica espacial e temporal de Allen**

Esta lógica pode ser usada para a representação e processamento de aspectos temporais e espaciais de contextos e situações (GUESGEN; MARSLAND, 2009).

Lógica temporal

A Lógica Temporal de Allen (ALLEN; FERGUSON, 1994) pode ser usada para descrever, limitar e compreender as sequências temporais entre dois eventos, como mostrado na figura 4. Essa lógica usa intervalos para descrever eventos específicos, e as relações entre os intervalos para descrever as interdependências entre os eventos. Por exemplo, considerando os seguintes eventos: a porta do quarto é aberta (I_1) antes da pessoa entrar no quarto (I_2) e o sensor é acionado (I_3) devido a presença da pessoa no quarto. Portanto a composição destes eventos sugere que a porta tenha sido aberta antes do sensor ser disparado, o que é inferido desta forma: $I_1 < I_2$ e $I_2 \text{ di } I_3$, portanto $I_1 < I_3$, onde “di” indica a relação temporal “duração”.

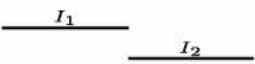
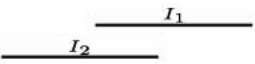
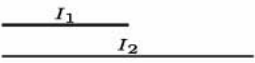
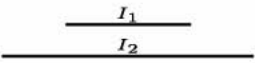
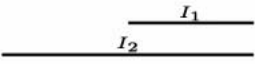
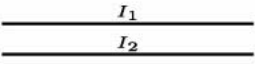
Relação	Ilustração	Interpretação
$I_1 < I_2$ $I_2 > I_1$		I_1 antes de I_2 I_2 depois de I_1
$I_1 m I_2$ $I_2 m I_1$		I_1 encontra I_2 I_2 é encontrado por I_1
$I_1 o I_2$ $I_2 o i I_1$		I_1 sobrepõe I_2 I_2 é sobreposto por I_1
$I_1 s I_2$ $I_2 s i I_1$		I_1 inicia com I_2 I_2 é iniciado por I_1
$I_1 d I_2$ $I_2 d i I_1$		I_1 durante I_2 I_2 contém I_1
$I_1 f I_2$ $I_2 f i I_1$		I_1 finaliza I_2 I_2 é finalizado por I_1
$I_1 = I_2$		I_1 equivale a I_2

Figura 4: Lógica Temporal de Allen. Adaptado de (GUESGEN; MARSLAND, 2009)

Materializando a proposta de Allen, em (AUGUSTO et al., 2008) são introduzidos os operadores `ANDlater` e `ANDsim` em regras do tipo Evento-Condição-Ação (*Event-Condition-Action* - ECA), através dos quais o conhecimento temporal de eventos pode ser representado. Através do uso destes operadores é possível tratar a ordem temporal de ocorrência de duas condições.

No exemplo apresentado a seguir, o comando *X* será executado caso a condição '*a*' for verdadeira e posteriormente a condição '*b*' for verdadeira, indicando que o evento '*a*' ocorreu antes do '*b*':

```
IF (a ANDlater b) THEN X
```

No próximo exemplo, o comando *Y* será executado caso a condição '*c*' for verdadeira e, simultaneamente, a condição '*d*' for verdadeira, indicando que o evento '*c*' ocorreu ao mesmo tempo que '*d*':

```
IF (c ANDsim d) THEN Y
```

Para demonstrar o uso destas regras, o exemplo a seguir especifica a situação “desmaio” de um paciente, onde o evento do sensor *no_banheiro_on* representa a ativação dos sensores RFID existentes no banheiro, *no_corredor_on* representa a ativação do sensor RFID enquanto o usuário está passando pelo corredor que interliga o banheiro ao quarto, por sua vez *nenhum_movimento_detectado* representa nenhuma detecção de movimentos em qualquer dos ambientes.

```
IF no_banheiro_on ANDlater no_corredor_on ANDlater
nenhum_movimento_detectado THEN assumir que o paciente
desmaiou
```

Lógica espacial

A Lógica Temporal de Allen também pode ser usada para processamento espacial, interpretando intervalos como objetos unidimensionais e pontos temporais como locais no espaço, respectivamente. Por exemplo, se uma pessoa (*O1*) está de pé à esquerda de uma caixa (*O2*) e se a caixa contém um livro (*O3*), então pode-se concluir que a pessoa está de pé à esquerda do livro:

```
O1<O2      e      O2 di O3      então      O1<O3
```

A partir da Lógica Temporal de Allen, várias extensões multidimensionais têm sido sugeridas, as quais usam tuplas formadas por intervalos e que representam projeções de regiões sobre os eixos de um sistema de referência cartesiano. Estas representações capturam os aspectos topológicos e orientacionais do espaço.

Por exemplo, para determinar qual a atividade que uma determinada pessoa está envolvida, um aspecto importante seria saber em que sala ela está (embora não seja necessário saber a posição exata da pessoa naquela sala). Do mesmo modo, para determinar os possíveis movimentos de uma pessoa, é útil saber quais os quartos que estão conectados a outros quartos. Para fazer

o processamento considerando os aspectos topológicos do espaço em um ambiente, pode-se utilizar cálculos baseados em regiões e conexões (*Region Connection Calculus* - RCC) (RANDELL; CUI; COHN, 1992).

A base da teoria da RCC é uma relação reflexiva e simétrica, chamada de relação de conexão. A partir desta relação, outras podem ser derivadas, as quais incluem as oito relações denominadas RCC8.

O raciocínio sobre o espaço é obtido pela teoria RCC através da aplicação de uma tabela de composição em pares de relações, semelhante à tabela de composição da Lógica Temporal de Allen. Estas relações estão resumidas na figura 5.

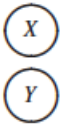
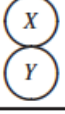
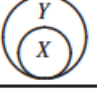
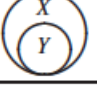
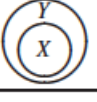
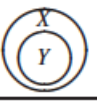
Relação	Ilustração	Interpretação
$DC(X,Y)$		<i>X desconectado de Y</i>
$EC(X,Y)$		<i>X externamente conectado a Y</i>
$PO(X,Y)$		<i>X sobrepõe parcialmente Y</i>
$EQ(X,Y)$		<i>X idêntico a Y</i>
$TPP(X,Y)$		<i>X tangencia e pertence a Y</i>
$TPPi(X,Y)$		<i>Y tangencia e pertence a X</i>
$NTPP(X,Y)$		<i>X não tangencia e pertence a Y</i>
$NTPPi(X,Y)$		<i>Y não tangencia e pertence a X</i>

Figura 5: Lógica Espacial de Allen. Adaptado de (GUESGEN; MARSLAND, 2009)

Abordagens baseadas em aprendizado

A especificação e identificação de situações depende de fatores como tempo, localização, usuários e ambientes de trabalho. O uso de abordagens baseadas em especificação é inviável para identificar situações a partir de um elevado número de sensores (YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012).

Para resolver este problema são utilizadas técnicas baseadas em aprendizado de máquina e mineração de dados, através das quais é possível que o sistema aprenda associações complexas entre situações e dados de diversos sensores. Apesar das técnicas de aprendizagem obterem bons resultados na identificação de situação, via de regra elas precisam de uma grande quantidade de dados para treinamento com o intuito de estimar os parâmetros do modelo a ser utilizado.

- **Redes bayesianas**

Uma rede bayesiana é um grafo dirigido acíclico na qual cada nó representa uma variável que pode ser discreta ou contínua, e cada arco é a relação causal entre os nós (NEAPOLITAN, 2003). Para representar a força da dependência, são utilizadas probabilidades, associadas a cada grupo de nós pais-filhos na rede.

As redes bayesianas fornecem um método para entender como a probabilidade da ocorrência de um evento está condicionada a um outro evento. Esta técnica é mais adequada para aplicações onde não há necessidade de representar a falta de conhecimento, e as dependências são fáceis de serem obtidas através da representação probabilística, bem como as probabilidades anteriores estão disponíveis. Seu desempenho pode ser baixo quando há pouca disponibilidade de dados de probabilidade (HOFFMAN; MURPHY, 1993).

- **Modelos ocultos de Markov**

Trata-se de um formalismo Markoviano usado para modelar condições nas quais a fonte geradora dos sinais observados está oculta do observador (SILVEIRA ESPINDOLA, 2009). Esse formalismo pode ser usado tanto para estudar a natureza dessa fonte quanto para ajudar a prever observações futuras.

Um modelo oculto de Markov (*Hidden Markov Models* - HMM) é definido como um par de processos estocásticos (X, Y). O processo X é uma cadeia de Markov de primeira ordem e não é diretamente observável, enquanto que o processo Y é uma sequência de variáveis aleatórias que assumem valores no espaço de parâmetros de observações. Um HMM gera sequências de observações pulando de um estado para outro, emitindo uma observação a cada salto. HMMS são construídos a partir de três pressupostos: (i) cada estado depende somente de seu predecessor; (ii) cada variável observada depende somente do estado atual e; (iii) as observações são independentes umas das outras.

- **Árvores de decisão**

Uma árvore de decisão é um modelo preditivo onde cada folha representa uma classificação e cada ramo representa uma conjunção de características que levam à classificação alvo (HAN; KAMBER, 2006). Uma árvore de decisão é construída sobre a entropia da informação, sendo escolhida uma variável em cada etapa. Uma das principais vantagens de usar uma árvore de decisão é que ela pode gerar regras de classificação que são fáceis de entender e explicar.

Árvores de decisão tradicionais são eficientes no raciocínio com conjuntos de dados relativamente pequenos. No entanto, a eficiência de sua construção depende do tamanho de dados de treino, uma vez que a construção destas árvores requer que os dados de treinamento residam na memória. Portanto, quando elas são usadas em aplicações para mineração de um grande conjunto de informações (milhões de entradas), se tornam ineficientes devido à troca de dados de treinamento entre a memória principal e a *cache*.

- **Redes neurais**

As redes neurais artificiais são uma técnica de Inteligência Artificial (IA) sub-simbólica, originalmente inspirada pelas redes de neurônios biológicos (HEGER, 2012). Elas podem ser uma boa alternativa para o reconhecimento de atividades, proporcionando o raciocínio e a predição de dados, uma vez que possuem a característica de se moldarem ao problema que estão sendo aplicadas (plasticidade). Uma rede neural é composta de neurônios artificiais, os quais estão ligados entre si de acordo com uma arquitetura de rede específica. São essas arquiteturas que caracterizam os diferentes tipos de redes, sendo que algumas são mais específicas para determinado tipo de aplicação que outras. O desempenho das redes neurais é afetado fortemente pela quantidade de dados de treinamento disponíveis.

2.3 *Middleware* EXEHDA

Esta seção registra, de modo resumido, a revisão feita sobre o *middleware* EXEHDA e seus subsistemas, proposto inicialmente em (YAMIN, 2004).

O EXEHDA é um *middleware* adaptativo ao contexto e baseado em serviços que visa criar e gerenciar um ambiente ubíquo, bem como promover a execução, sob este ambiente, das aplicações que expressam a semântica siga-me. Estas aplicações são distribuídas, móveis e adaptativas ao contexto em que seu processamento ocorre, estando disponíveis a partir de qualquer lugar, todo o tempo (LOPES et al., 2012).

Aspectos funcionais e arquiteturais

O *middleware* EXEHDA tem como objetivo definir a arquitetura para um ambiente de execução destinado às aplicações da computação ubíqua, no qual as condições de contexto são proativamente monitoradas e o suporte à execução deve permitir que tanto a aplicação como ele próprio utilizem estas informações na gerência da adaptação de seus aspectos funcionais e não-funcionais. Entende-se por adaptação funcional aquela que implica a modificação do código sendo executado. Por sua vez, adaptação não funcional é aquela que atua sobre a gerência da execução distribuída. Também a premissa siga-me das aplicações ubíquas deverá ser suportada, garantindo a execução da aplicação do usuário em qualquer tempo, lugar e dispositivo (LOPES et al., 2012).

As aplicações alvo são distribuídas, adaptativas ao contexto em que executam e compreendem a mobilidade lógica e a física. Na perspectiva do EXEHDA, entende-se por mobilidade lógica a movimentação entre dispositivos de artefatos de software e seu contexto, e por mobilidade física o deslocamento do usuário, portando ou não seu dispositivo.

(i) Arquitetura de software

A arquitetura de software do *middleware* EXEHDA é apresentada na figura 6. Os principais requisitos que o EXEHDA deve atender são: (i) gerenciar tanto aspectos não funcionais como funcionais das aplicações, de modo independente; (ii) dar suporte à adaptação dinâmica de aplicações; (iii) disponibilizar mecanismos para obter e tratar informações de contexto; (iv) empregar informações de contexto na tomada de decisões; (v) decidir as ações adaptativas de forma colaborativa com a aplicação, e; (vi) disponibilizar a semântica siga-me, permitindo ao usuário iniciar as aplicações e acessar dados a partir de qualquer lugar.

(ii) Ambiente ubíquo disponibilizado

O ambiente ubíquo é equivalente ao ambiente computacional onde recursos e serviços são gerenciados pelo EXEHDA com o propósito de atender os requisitos da computação ubíqua. A composição deste ambiente envolve tanto os dispositivos dos usuários, como os equipamentos da infraestrutura de suporte, todos instanciados pelo seu respectivo perfil de execução do *middleware*. A integração dos cenários da computação em grade, da computação móvel e da computação consciente de contexto é mapeada em uma organização composta pelo conjunto de células de execução do EXEHDA, conforme pode ser observado na figura 7 (LOPES et al., 2012).

O meio físico sobre o qual o ambiente ubíquo opera é definido por uma rede infraestruturada, cuja composição final pode ser alterada pela agregação dinâmica de nodos móveis. Os recursos da infraestrutura física são mapeados para três abstrações

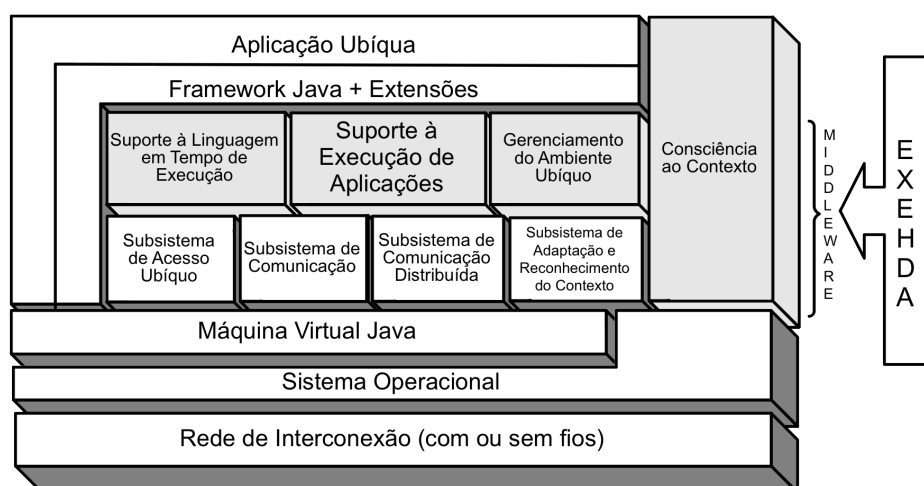


Figura 6: Arquitetura de software do *middleware* EXEHDA. Adaptada de (LOPES et al., 2012)

básicas, as quais são empregadas na composição do ambiente ubíquo (YAMIN, 2004):

- **EXEHDAcels:** indica a área de atuação de uma EXEHDAbase, e é composta por esta e por EXEHDA nodos. Os principais aspectos considerados na definição da abrangência de uma célula são: o escopo institucional, a proximidade geográfica e o custo de comunicação;
- **EXEHDAbase:** é o ponto de convergência para os EXEHDA nodos. É responsável por todos os serviços básicos do ambiente ubíquo e, embora constitua uma referência lógica única, seus serviços, sobretudo por questões de escalabilidade e desempenho, poderão estar distribuídos entre os vários dispositivos;
- **EXEHDA nodo:** são os dispositivos de processamento disponíveis no ambiente ubíquo, sendo responsáveis pela execução das aplicações. Um subcaso deste tipo de recurso é o EXEHDA nodo móvel. São os nodos do sistema com elevada portabilidade, tipicamente dotados de interface de rede para operação sem fio e, neste caso, integram a célula a qual seu ponto-de-acesso está subordinado. São funcionalmente análogos aos EXEHDA nodos, porém eventualmente com uma capacidade mais limitada (por exemplo, PDAs).

O ambiente ubíquo é formado por dispositivos multi institucionais, o que gera a necessidade de adotar procedimentos de gerência análogos aos utilizados em ambientes de grade computacional (*Grid Computing*) (LOPES et al., 2012; YAMIN, 2004). A proposta de organização celular do ambiente ubíquo, dentre outros aspectos, resguarda a autonomia das instituições envolvidas. Apesar de não contemplar

mecanismos de gerência específicos para recursos especializados como impressoras, *scanners*, dentre outros, o EXEHDA permite a catalogação de tais recursos como integrantes de uma determinada célula do ambiente ubíquo, tornando-os, desta forma, passíveis de serem localizados dinamicamente e serem utilizados pelas aplicações ubíquas.

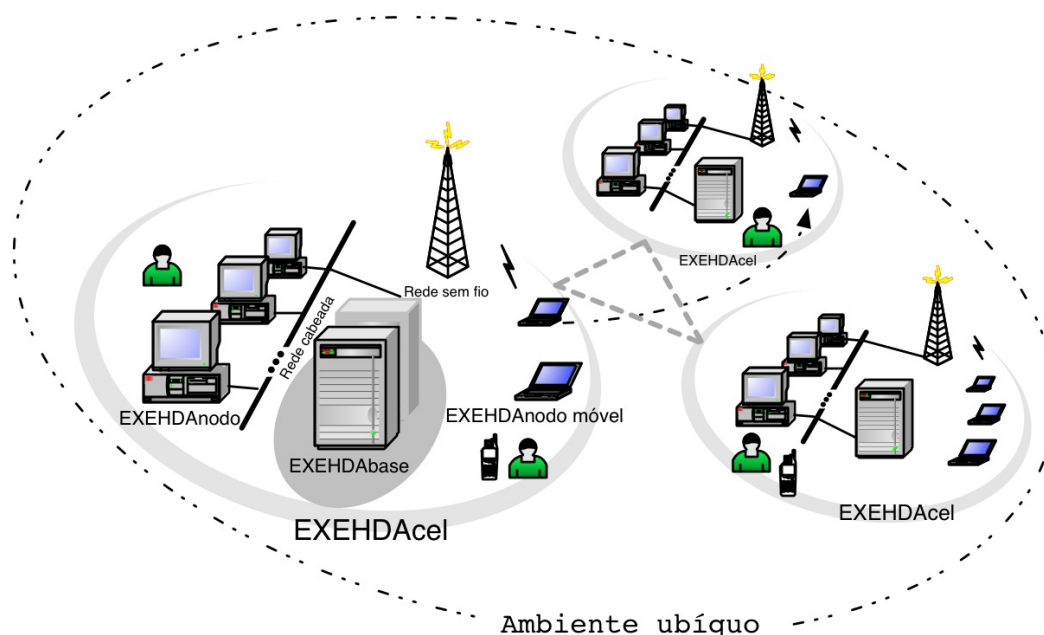


Figura 7: Ambiente ubíquo (YAMIN, 2004)

(iii) Composição de serviços

A prerrogativa de operação em um ambiente altamente heterogêneo, onde não só o hardware exibe capacidades variadas de processamento e memória, mas também as bibliotecas de software disponíveis em cada dispositivo, motivaram a adoção de uma abordagem na qual um núcleo mínimo do *middleware* tem suas funcionalidades estendidas por serviços carregados sob demanda. Esta organização retrata um padrão de projeto referenciado na literatura como *microkernel*. Some-se a isto o fato de que esta carga sob demanda tem perfil adaptativo. Deste modo, poderá ser utilizada versão de um determinado serviço, melhor sintonizada às características do dispositivo em questão. Isto é possível porque, na modelagem do EXEHDA, os serviços estão definidos por sua interface, e não pela sua implementação propriamente dita.

A contraproposta à estratégia *microkernel* de um único binário monolítico, cujas funcionalidades cobrissem todas as combinações de necessidades das aplicações e dispositivos, se mostra inviável na computação ubíqua, cujo ambiente computacional apresenta uma alta heterogeneidade de recursos de processamento.

Entretanto, o requisito do *middleware* em manter-se operacional durante os períodos de desconexão planejada motivou, além da concepção de primitivas de comunicação adequadas a esta situação, a separação dos serviços que implementam operações de natureza distribuída em instâncias locais ao EXEHDA_{nodo} (instância nodal), e instâncias locais a EXEHDA_{base} (instância celular). Neste sentido, o relacionamento entre instância de nodo e instância celular assemelha-se à estratégia de *proxies*, enquanto que o relacionamento entre instâncias celulares assume um caráter P2P (*Peer-to-Peer*). A abordagem P2P nas operações intercelulares vai ao encontro do requisito de escalabilidade. O *middleware* EXEHDA é formado por quatro subsistemas: Subsistema de Execução Distribuída, Subsistema de Comunicação, Subsistema de Acesso Ubíquo e o Subsistema de Reconhecimento de Contexto e Adaptação. Este último, particularmente, é prioritário na concepção do EXEHDA-TG. A relação entre os subsistemas pode ser observada na figura 8.

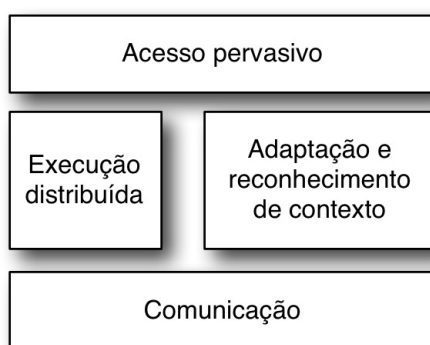


Figura 8: Organização dos subsistemas do EXEHDA (YAMIN, 2004)

Sendo assim, os componentes da aplicação em execução em determinado dispositivo podem permanecer operacionais desde que, para satisfação de uma dada requisição pelo *middleware*, o acesso a um recurso externo ao dispositivo seja prescindível. Por outro lado, a instância celular, em execução na base da célula, provê uma referência para os outros recursos, no caso da realização de operações que requeiram coordenação distribuída. Portanto, observe-se que a EXEHDA_{base} é, por definição, uma entidade estável dentro da EXEHDA_{cel}, permitindo que os demais integrantes (recursos) da célula tenham um caráter mais dinâmico com relação a sua disponibilidade (presença estável) na célula.

2.4 Administração de medicamentos: conceitos e procedimentos

Os hospitais têm aumentado sua complexidade operacional. No ambiente clínico uma rotina diária envolvendo o emprego de equipamentos cada vez mais sofisticados precisa coexistir com elaboradas terapias de saúde, e também com procedimentos de administração de medicamentos, alguns de alto risco à vida dos pacientes. Devido a estas características são cada vez mais comuns danos aos pacientes causados por erros médicos.

O erro médico pode ser definido como a falha ao não concluir como previsto uma ação planejada, ou o uso de um plano errado para atingir um determinado objetivo. Os erros mais comuns são falhas nos sistemas, processos e condições que permitam que as pessoas errem ou falhem em não preveni-los. Estes erros dizem respeito às práticas dos diferentes profissionais de saúde envolvidos (médicos, enfermeiros, assistentes de enfermagem, nutricionistas, farmacêuticos, etc.) (CLANCY, 2009).

Estudos que analisaram as instituições de saúde dos Estados Unidos identificaram que ao menos 44 mil pessoas morrem nos hospitais a cada ano devido a erros médicos que poderiam ser evitados. Este número ultrapassa as mortes atribuídas a AIDS, câncer de mama e acidentes de trânsito. Além das vidas perdidas, estes erros representam um custo, neste país, entre 17 e 29 bilhões de dólares, incluindo os gastos em cuidados adicionais devido aos erros e redução da produtividade familiar (CLANCY, 2009).

No entanto, o custo mais significativo dos erros médicos é o risco de vida do paciente e tudo que decorre do mesmo, seja na esfera pessoal, familiar e/ou social. Um paciente que experimenta um evento adverso possui de quatro a sete vezes mais chances de morrer. Cerca de 19% dos eventos adversos resultam em deficiência física moderada, 6% em danos permanentes e 8% em morte (ELLIOTT; LIU, 2010).

Um dos tipos mais comuns de evento adverso é o erro de medicação, o qual é a causa mais frequente de morbidade e mortes evitáveis em hospitais (ELLIOTT; LIU, 2010). O processo de terapia medicamentosa no ambiente hospitalar é complexo e vulnerável a falhas. Diversos fatores contribuem para essas falhas, tais como: prescrição incompleta de medicamentos, falhas de comunicação entre os profissionais de saúde, rotulagem inadequada de medicamentos, falta de verificação, falta de organização na armazenagem dos medicamentos, entre outros. Esses erros podem ocorrer em qualquer uma das várias etapas do processo: prescrição, transcrição, dispensação, distribuição, preparo, administração e monitorização. Pesquisas mostraram que 38% dos erros de medicação são graves ou fatais, e 42% são evitáveis (ELLIOTT; LIU, 2010).

Boas práticas têm sido desenvolvidas para ajudar a evitar a ocorrência de erros de medicação, garantindo maior segurança e prevenindo danos ao paciente.

Para isto tem-se introduzido verificações em diversas fases do processo de medicação com o objetivo de identificar falhas antes que elas cheguem ao paciente. Estas verificações são feitas para garantir os chamados *Nine Rights* da terapia medicamentosa (ELLIOTT; LIU, 2010; CASSIANI; GIMENES; MONZANI, 2009; MELLO, 2012):

- **paciente correto:** garantir que o medicamento será administrado ao paciente para o qual ele foi prescrito. Apesar disto parecer óbvio, administrar um medicamento para o paciente errado é um erro comum. A ação mais recomendada para evitar este erro é conferir o número do prontuário do paciente, através de uma pulseira de identificação, com o formulário de prescrição.
- **medicamento correto:** garantir o correto medicamento a ser administrado. Pesquisas tem mostrado que mais de um terço dos erros de medicação envolvem a administração do medicamento errado. Uma importante forma de prevenir este erro é não administrar um medicamento se não tiver certeza do nome da medicação prescrita ou se suspeitar que o medicamento é para ser administrado a outro paciente. Uma forma de reduzir este erro é o uso da prescrição médica eletrônica. O fato de um grande número de medicamentos possuírem nomes semelhantes pode ser um possível motivo pelo qual fármacos errados são administrados por engano. Administrar o medicamento correto também inclui a verificação de que o paciente não possua alergia ao mesmo.
- **via correta:** garantir que o medicamento será aplicado no acesso correto. A via correta de administração é uma área desafiadora para os clínicos, pois atualmente existem diversas possibilidades, tais como intravenosa, subcutânea, interósseo/medula óssea, inalação, enteral, transdérmico e intramuscular. Na prescrição de um medicamento é obrigatório constar a informação da via de administração. O profissional de saúde que irá fazer a administração do medicamento deverá entender as diferenças entre estas rotas, tal com a taxa de absorção e o tempo para ação.
- **momento correto:** garantir que o momento de administrar o medicamento está correto. A administração no momento errado representa pelo menos 31% dos erros de medicação. O momento correto da administração de um medicamento é necessário para garantir o nível sérico, que é a quantia necessária de medicamento no sangue para que haja realmente um efeito terapêutico no paciente. Os medicamentos devem ser administrado dentro de um tempo de tolerância de 30 minutos (para mais ou para menos). Administrar o medicamento no momento certo também inclui a correta taxa de oferta. Cerca de 7,5%

dos erros são causados por administrar o medicamento em taxas maiores ou menores do que o prescrito.

- **dose correta:** garantir que a quantidade de medicamento está correta. Cerca de 30% ou mais dos erros de medicação envolvem uma dose incorreta sendo administrada. O clínico deve ter atenção ao ler a prescrição do paciente, pois a posição do separador decimal do valor de dose pode resultar em um erro de um décimo a dez vezes o valor correto a ser administrado. Erros também podem ocorrer se o médico prescrever uma dose com a unidade incorreta, tal como mg (miligramas) ao invés de μg (microgramas). Alguns fatores contribuem para estes erros, tal como o uso de abreviações incorretas de unidades (tal como mcg ao invés de μg) e o uso impróprio do separador decimal (ex. 100,0 mg).
- **registro correto:** garantir que administração do medicamento tenha sido corretamente registrada. Quando um medicamento é administrado ao paciente, o clínico deve registrar isso em um local apropriado. Fazer este registro antes da administração é um risco, já que o paciente pode recusar ou esquecer de tomar a medicação. Do mesmo modo, não registrar a administração do medicamento implica no risco de que outro profissional de saúde assuma que o medicamento não tenha sido administrado e repita a dose.
- **motivo correto:** garantir que o medicamento será administrado pelo motivo correto. Ao administrar um medicamento, o clínico deve se certificar que o medicamento foi prescrito por um motivo adequado. Antes de administrá-lo o profissional deve informar ao paciente o motivo pelo qual o medicamento está sendo usado e sua ação esperada. Em situações em que o paciente não tenha condições de avaliar estas informações, tais como no caso de crianças e pessoas inconscientes, o clínico deve confirmá-las através dos registros do paciente.
- **forma de apresentação correta:** garantir que a forma de apresentação correta do medicamento seja administrada. A maioria dos medicamentos estão disponíveis em diversas formas, tais como comprimidos, cápsulas, pílulas, xarope, supositórios, ampolas, entre outros. A via de administração deve ser adequada à forma de apresentação do medicamento. A similaridade entre embalagens de diferentes tipos de medicamentos pode contribuir com os erros de medicação.
- **resposta correta:** garantir a correta resposta do medicamento. Após a administração do medicamento o clínico deve monitorar se o mesmo está gerando o efeito pretendido pelo médico. Este monitoramento pode envolver o

acompanhamento da evolução dos sinais vitais, exames de laboratório e outros parâmetros fisiológicos que possam indicar que o efeito desejado está sendo atingido. Deve-se também monitorar os efeitos colaterais, efeitos adversos e reações alérgicas ao medicamento administrado.

Nesta perspectiva, os erros médicos podem ser prevenidos através da implementação de boas práticas em todas as etapas dos processos clínicos, tornando-os mais seguros a medida que se dificulta que os diferentes atores envolvidos venham a ter processos inadequados. Por outro lado, estas boas práticas devem facilitar os processos a medida que estes são feitos da forma correta (CLANCY, 2009).

O EXEHDA-TG foi concebido para dar suporte de forma direta à verificação da “resposta correta” quando da administração de medicamentos, e de forma indireta, também permite uma verificação dos outros oito direitos do paciente.

2.5 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foram abordados aspectos sobre a computação ubíqua, sua origem, conceitos e as características mais relevantes para este trabalho. Este capítulo tratou também sobre consciência de situação, seus conceitos e técnicas para identificação de situação. Na sequência foi descrito o *middleware* EXEHDA e seus subsistemas. Por fim, foi feita uma discussão sobre os desafios na administração de medicamentos com foco na redução da ocorrência de erros de medicação.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo tem por objetivo sistematizar o estudo feito quando da revisão de literatura para identificação de trabalhos relacionados ao EXEHDA-TG. Após a revisão de literatura, os trabalhos identificados como relacionados ao EXEHDA-TG foram organizados em dois segmentos: (i) como primeiro, aqueles mais próximos da perspectiva do EXEHDA-TG, que se encontram discutidos neste capítulo e, (ii) por segundo, outros trabalhos também representativos na área, porém não tão estritamente relacionados às frentes de pesquisa contempladas nesta dissertação, os quais são descritos no apêndice B .

3.1 Projeto MTM-CC

O trabalho apresentado em (KOUTKIAS et al., 2010), denominado nesta dissertação de MTM-CC, tem como objetivo aprimorar a prestação de serviços em *home care*. Para isto é introduzido um *framework* para monitoramento das condições de saúde de pacientes portadores de doenças crônicas com relação ao seu tratamento através da administração de medicamentos. Para este propósito foi desenvolvida uma arquitetura que permite: (i) avaliar a resposta a medicamentos, e; (ii) detectar possíveis eventos adversos, aumentando a sua segurança. Os autores consideram estas duas questões desafiadoras, as quais ainda não estão sendo suficientemente exploradas pelos serviços de *home care*. A primeira é importante para a otimização do tratamento medicamentoso, a segunda constitui uma das principais causas da baixa aderência ao tratamento e piora do estado de saúde dos pacientes.

Considerando este escopo, o trabalho propõe um *framework* com os seguintes objetivos: (a) sistematizar o conhecimento médico em relação ao monitoramento dos efeitos da medicação prescrita, de forma que possa ser processada por um sistema computacional; (b) avaliar a resposta ao medicamento e detectar eventos adversos; (c) prover comunicação bidirecional entre o ambiente clínico e a casa do paciente.

Uma visão geral da arquitetura do *framework* proposto é apresentada na figura 9. O subsistema localizado junto ao paciente é chamado de Unidade Base Móvel (UBM),

a qual consiste em uma *Body Area Network* (BAN) composta de sensores biomédicos. Tais sensores podem medir, por exemplo, pressão sanguínea e batimentos cardíacos. A UBM funciona como uma central de comunicações entre o ambiente do paciente e o ambiente clínico, onde estão os profissionais de saúde. A UBM é um dispositivo móvel, tal como um *smartphone* ou um *Personal Digital Assistant* (PDA).

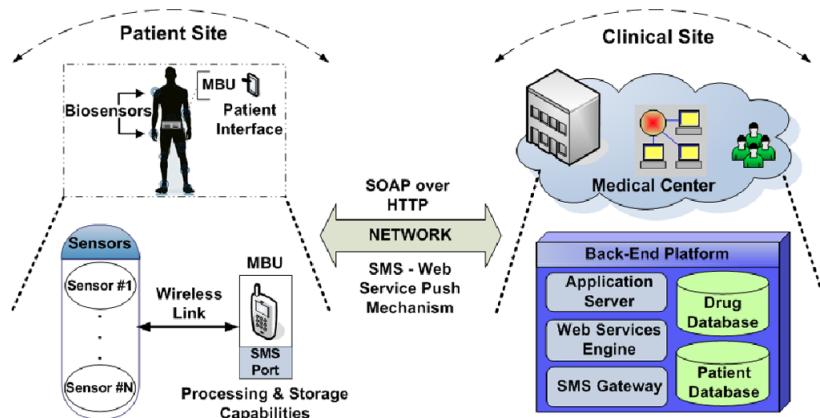


Figura 9: Arquitetura geral do projeto MTM-CC (CHOUVARDA et al., 2011)

A arquitetura considera que sempre que um novo tratamento com medicamentos é iniciado, os dados da prescrição são sistematizados e transmitidos a UBM, a qual inicia um novo plano de monitoramento. A prescrição é composta de informações, tais como: nome do medicamento, regime de administração, variação esperada dos sinais vitais em função da administração do medicamento, possíveis sintomas e eventos adversos importantes.

O regime de administração de medicamentos é usado para gerar lembretes para o paciente, com o objetivo de aumentar dessa forma sua aderência ao tratamento. A evolução dos sinais vitais, ocorrência de eventos adversos e sintomas do paciente são então acompanhados pela UBM através de regras definidas pelo plano de monitoramento. Os resultados desta análise passam a ser então periodicamente enviados à equipe médica.

A resposta ao medicamento é avaliada através da medição dos sinais vitais, enquanto a detecção de eventos adversos é feita por medições e sintomas relatados pelo paciente. Os sintomas são identificados através de perguntas direcionadas ao paciente, as quais são avaliadas em períodos de tempo predefinidos pelo plano de monitoramento. Quando são detectadas as condições para ocorrência de um evento adverso, a arquitetura pode gerar um alerta para o médico ou ajustar o plano de monitoramento para se obter uma melhor compreensão na identificação dos eventos adversos. Este ajuste no plano de monitoramento pode ser, por exemplo, uma alteração da frequência de aquisição dos sinais vitais.

No banco de dados da arquitetura há modelos pré-definidos de aquisição de dados para cada medicamento, facilitando assim a definição de planos de monitoramento.

A parametrização do plano para monitoramento da resposta à medicação é feita pelo médico no ambiente clínico através do acesso de um *web site*. Cada medicamento do banco de dados já possui um modelo de plano de monitoramento, o qual pode ser ajustado pelo médico. Após a definição do plano, ele é enviado a MBU na forma de um documento XML (*extensible markup language*), cuja estrutura é mostrada na figura 10. Esta estrutura é dividida em dois principais elementos: informações sobre o medicamento prescrito (*DRUG*) e as regras para detecção da ocorrência de eventos adversos (*ADVERSE*).

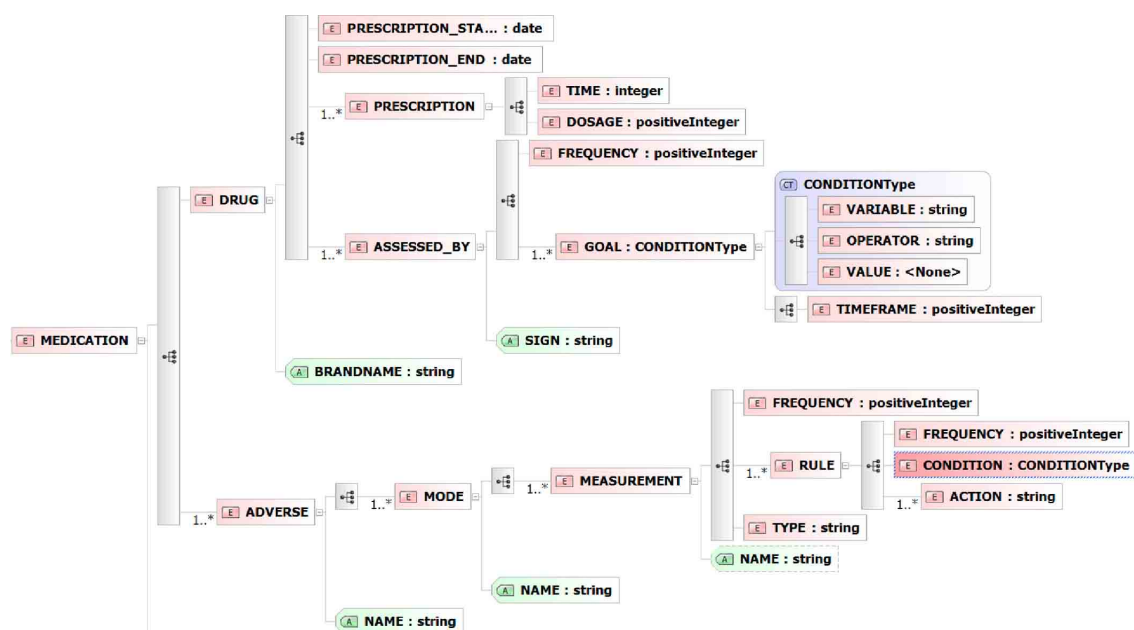


Figura 10: Estrutura do documento XML com as informações de prescrição do medicamento (CHOUVARDA et al., 2011)

As informações relacionadas ao efeito do medicamento sobre os sinais vitais são: (i) data inicial e final da prescrição; (ii) o regime de administração do medicamento (dose, horário, frequência); e, (iii) regras definindo os valores limites esperados para os sinais vitais e o seu intervalo de verificação. Um exemplo do formulário para a entrada destes parâmetros pode ser visto na figura 11.

Para a detecção de eventos adversos, o médico pode criar regras para ser informado caso os valores dos sinais vitais ultrapassem alguma condição ou caso algum sintoma não desejado seja identificado pelo paciente. Conforme pode ser visto na figura 12, os sintomas são reportados pelo próprio paciente através de questionários que são aplicados regularmente ao mesmo através de um *smartphone*.

A UBM envia alertas para o ambiente clínico sempre que a arquitetura detecta que os valores esperados para os sinais vitais não estão de acordo com o esperado ou algum evento adverso é identificado. A UBM também gera alertas para o paciente 10 minutos antes do horário em que este deve tomar seu medicamento. No final do período de monitoramento da prescrição, a arquitetura gera relatórios para os

DRUG: Amlodipine
PRESCRIPTION INFORMATION

START DATE: 13-08-2008 END DATE: 13-09-2008

REGIMEN MEDICATION IS ASSESSED BY:

TIME	DOSAGE	SIGN	FREQ.	GOAL			
8	5			VAR	OPER.	VALUE	TIMEFRAME
		Blood pressure	6 (times per day)	Systolic blood pressure	less than	135	15
				Diastolic blood pressure	less than	85	15

Figura 11: Plano de monitoramento do efeito do medicamento no Projeto MTM-CC (CHOUVARDA et al., 2011)

DrugAssistME Questionnaire

Did you notice shortness of breath during the last 12 hours?

☒ Yes
☐ No

Did you feel dizziness or weakness during the last 12 hours?

☐ Yes
☒ No

Send Exit

Figura 12: Informação de sintomas pelo paciente no Projeto MTM-CC (CHOUVARDA et al., 2011)

clínicos sobre o cumprimento dos objetivos para o tratamento medicamentoso e sobre a ocorrência de eventos adversos, de acordo com as regras criadas pelo médico. Para ilustrar o funcionamento do *framework*, foi considerada sua aplicação em um cenário para controle da hipertensão.

3.2 Projeto *HeartCycle*

HeartCycle (REITER; MAGLAVERAS, 2009) é um projeto europeu com o objetivo de oferecer soluções inovadoras para o gerenciamento de doenças relacionadas a pacientes portadores de problemas cardiovasculares. Os principais desafios do projeto é a detecção da tendência à deterioração do estado de saúde do paciente, oferecer suporte adequado para que profissionais de saúde reajam a esta tendência,

motivar os pacientes à aderência ao tratamento medicamentoso e a adotarem um estilo de vida saudável.

O trabalho apresentado em (CHOUVARDA et al., 2011) faz parte dos esforços do projeto *HeartCycle*. Essa proposta possui como foco o desenvolvimento de aplicações para a orientação do paciente em relação ao efeito das medicações em seus sinais vitais. São apresentadas ferramentas que permitem fazer a previsão da resposta à medicação e uma forma para a verificação da aderência ao tratamento medicamentoso através da medição de sinais vitais. O objetivo dos autores é motivar os pacientes a aderirem ao tratamento prescrito pelo médico.

Sistemas de Suporte à Decisão (*Decision Support Systems* - DSS) focados no processo de administração de medicamentos podem ajudar aos médicos a otimizarem o tratamento de saúde através do recebimento de apoio à prática clínica. Um exemplo de apoio que poderia ser oferecido por estes sistemas seria a indicação de qual terapia deve ser prescrita para se obter o impacto desejado nos sinais vitais e no bem estar do paciente. Uma possível solução é o modelamento do impacto das medicações nos sinais vitais, com o objetivo de avaliar a eficácia do medicamento de forma a se verificar se a terapia está gerando o efeito desejado no paciente.

Um tratamento medicamentoso bem sucedido depende de que o paciente siga à terapia descrita pelo médico. Para aderir à terapia médica, o paciente precisa entender porque o medicamento foi prescrito e como ele irá afetar os seus sinais vitais. Portanto é importante que o clínico apresente ao paciente os motivos pelos quais os medicamentos estão sendo administrados e os riscos envolvidos na descontinuação do tratamento.

O projeto *HeartCycle* pretende incentivar a aderência do paciente à medicação através da criação de uma ferramenta de educação interativa, apresentando desta maneira os efeitos previstos nos sinais vitais dependendo do tratamento escolhido. Também é proposta uma abordagem inicial para interpretar a variação dos sinais vitais no tempo e identificar os possíveis períodos de não aderência. Para disponibilizar estas duas funcionalidades foi desenvolvido um *framework* que apresenta evidências realistas dos efeitos do tratamento medicamentoso, apoiando assim os profissionais clínicos na tomada de decisão.

Como fonte para o desenvolvimento dos modelos de resposta às medicações, foi consultado a literatura médica de estudos com base populacional sobre os efeitos de dosagens de medicamentos. Também foram consultados os pareceres de especialistas e guias clínicos. Foi então criado um algoritmo para avaliar estes conceitos, baseado na modelagem dos efeitos médios da medicação. Como pressuposto básico empregado, foi estatisticamente considerado que depois de um período de tempo, necessário para atingir o efeito, o sinal vital deve convergir para um valor, próximo ao valor esperado, e permanecer estatisticamente estável. Quando

isso não ocorrer, deve-se atribuir a uma causa, que pode ser estar em uma condição clínica crítica, em um período de não aderência a medicação, entre outros problemas.

A arquitetura do Sistema de Suporte à Decisão utilizado pelo projeto *HeartCycle* pode ser vista na figura 13. O modelo foi desenvolvido através de uma abordagem baseada na interpretações dos sinais vitais históricos, composta por duas etapas:

- i) classificação dos sinais vitais em períodos de comportamento estatísticos específicos: estável, tendente e transitório. Para cada período de equilíbrio é calculado o erro relativo entre a resposta real e a esperada, chamado de índice de afastamento do efeito do tratamento (TEDI - *Treatment Effect Deviation Index*). O TEDI é um indicador de uma ruim ou boa resposta ao tratamento, e alterações em seu valor podem ajudar aos médicos a rastrear as causas, como por exemplo, resposta ao medicamento, aderência ou por outros motivos;
- ii) caracterização detalhada de cada período (correlacionado com a aderência à medicação, condição clínica ou estilo de vida), através das informações disponíveis sobre o estado clínico do paciente em cada período de tempo (conforme definido na etapa anterior) e os períodos adjacentes. O conhecimento sobre os possíveis efeitos nos sinais vitais foram obtidos por médicos especialistas e modelados através de regras, contribuindo para identificar a não aderência e a resposta à medicação. As regras empregam informações sobre mudanças do índice TEDI entre períodos consecutivos; fatores que podem ser responsáveis pelas variações observadas nos sinais vitais, tais como doenças agudas, eventos adversos, infecções, mudanças no estilo de vida, entre outros; padrões que estão relacionados com a falta de aderência à medicação ou a medicamentos específicos.

Como resultado deste trabalho, foram desenvolvidas três ferramentas:

- **MMtool - gestão de medicamentos:** esta ferramenta foi criada para o gerenciamento do conhecimento médico em relação à resposta a medicação, possuindo os parâmetros necessários para sua modelagem. Parâmetros: resposta ao medicamento esperada para os sinais vitais relevantes, tais como Frequência Cardíaca (FC), Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD); classificação do medicamento (betabloqueador, inibidor da enzima de conversão da angiotensina, etc); nome do medicamento; doses terapêuticas do medicamento; informações sobre a resposta do medicamento por dose e influência nos sinais vitais; tempo para o efeito máximo do medicamento.
- **FYOfTool - previsão da resposta ao medicamento:** esta ferramenta (figura 14) foi desenvolvida para ser usada durante as consultas do paciente com o médico.

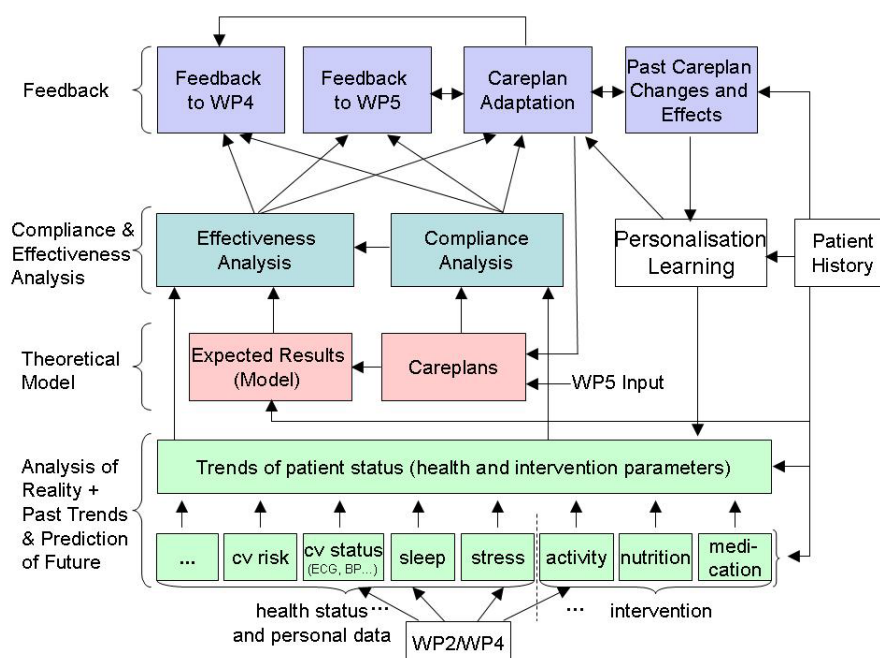


Figura 13: Arquitetura do Sistema de Suporte à Decisão utilizado pelo projeto HeartCycle (CHOUVARDA et al., 2011)

Ela tem como objetivo ajudar ao paciente a entender os efeitos esperados e os benefícios da aderência ao tratamento medicamentoso. A FYOFtool pode ser usada em todas as fases do tratamento e permite simular a variação dos sinais vitais como resposta ao medicamento.

- **MCEtool - avaliação da resposta e adesão à medicação:** esta ferramenta (figura 15) tem como objetivos: i) caracterizar o efeito real do tratamento ao longo do tempo em termos de evolução dos sinais vitais; e, ii) aprofundar a análise dos vitais e condições clínicas do paciente e avaliar em detalhes a resposta ao tratamento, ou seja, evidenciar as alterações e suas causas, tais como a falta de aderência. O software permite ao usuário adicionar informações, visualizar os sinais vitais e a caracterizar/interpretar os períodos de comportamento dos sinais vitais, possibilitando que o médico confirme ou rejeite as interpretações feitas pela ferramenta.

3.3 Projeto SIMAp

Em (LEITE, 2011; LEITE et al., 2011) é apresentado o projeto chamado Arquitetura de um Sistema Inteligente de Monitoramento e Envio de Alertas de Pacientes (SIMAp). O objetivo deste projeto é transformar de forma autônoma os dados capturados por monitores multiparamétricos em informações sobre a situação clínica do paciente, baseando-se para isto no conhecimento de médicos e de critérios de normalidade dos

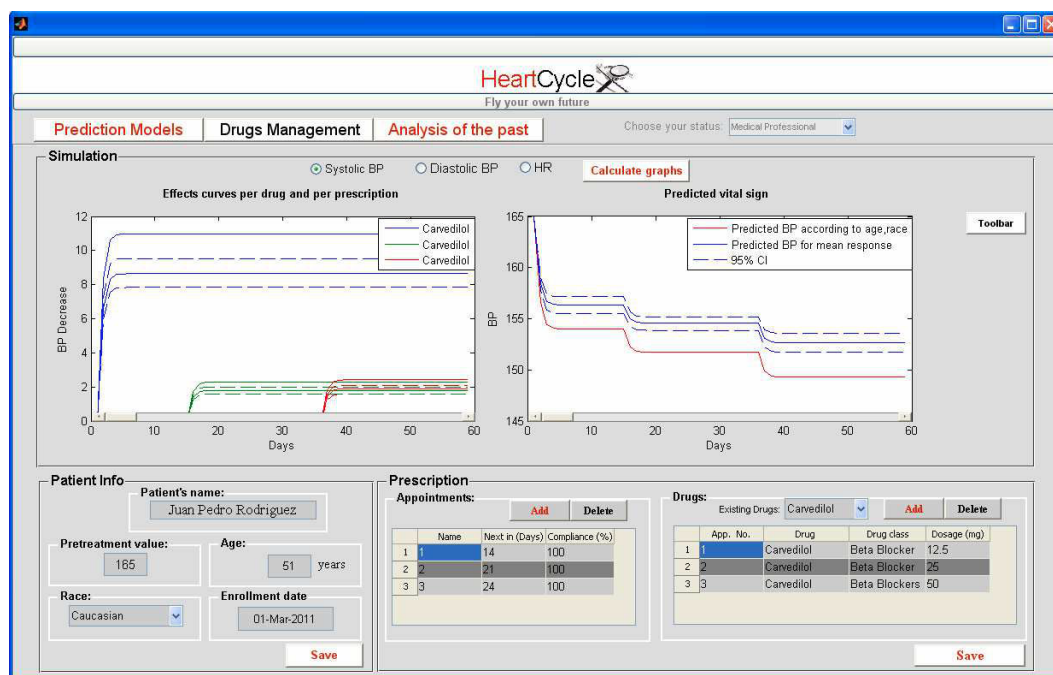


Figura 14: Ferramenta FyOFTool, utilizada para fazer a previsão da resposta ao medicamento no projeto HeartCycle (CHOUVARDA et al., 2011)

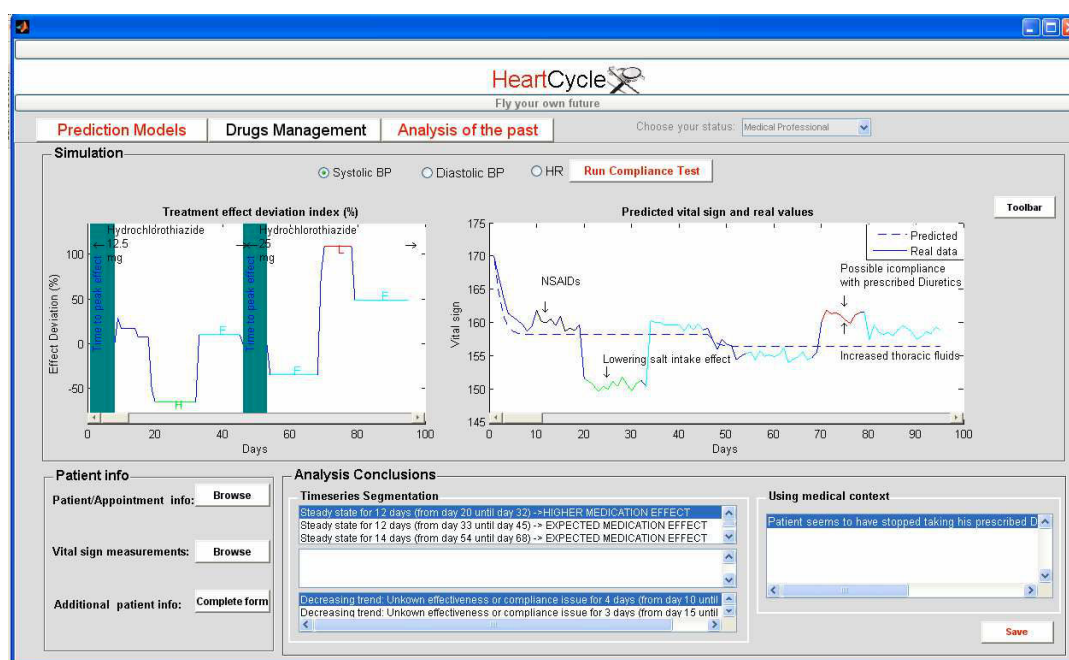


Figura 15: Ferramenta MCEtool usada para fazer a avaliação da resposta e adesão à medicação no projeto HeartCycle (CHOUVARDA et al., 2011)

parâmetros vitais. A arquitetura possui foco de uso nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI) de hospitais e utiliza a lógica *fuzzy* para monitorar e classificar as condições dos sinais vitais aquisitados de pacientes. O SIMAp envia alertas para os profissionais de saúde, através de dispositivos móveis, quando detecta anormalidades nos sinais vitais dos pacientes, dando assim suporte ao diagnóstico clínico e permitindo seu estado

de saúde seja acompanhado de forma remota. Para atender a estas demandas foi necessário o desenvolvimento de uma arquitetura que gerenciasse os requisitos de robustez e consistência nos processos de aquisição e processamento dos sinais vitais.

“A teoria de sistemas *fuzzy* é uma abordagem formal cujo propósito é tratar a modelagem, a representação, o raciocínio e o procedimento de informações imprecisas como uma estratégia de solução de problemas. Podendo lidar com a incerteza intrínseca ao pensamento humano e à linguagem natural, além de reconhecer que ela é naturalmente diferente da aleatoriedade. Usando algoritmos com lógica *fuzzy* pode-se permitir que máquinas compreendam e respondam conceitos humanos vagos como quente, frio, grande, pequeno, entre outros, podendo também prover uma abordagem relativamente simples de se chegar a conclusões definidas a partir de informações imprecisas.” (LEITE, 2011)

Os autores consideram que o uso de sistemas inteligentes combinadas às tecnologias móveis para acesso às informações processadas são características importantes em aplicações médicas. Através desta abordagem é possível se obter uma melhor interface, usabilidade e comunicação.

Na figura 16 é apresentada a arquitetura do SIMAp, a qual é composta das seguintes etapas:

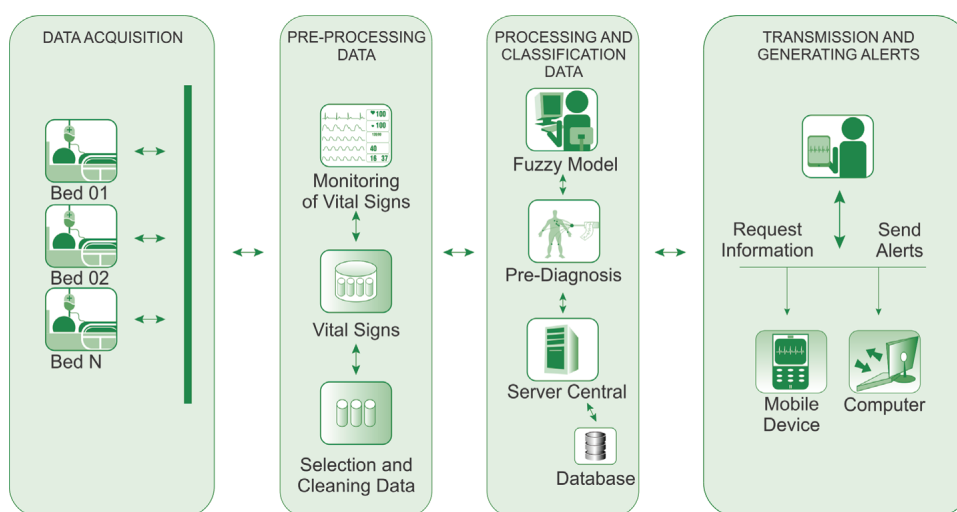


Figura 16: Visão geral da arquitetura do Projeto SIMAp (LEITE, 2011)

- **Aquisição de dados.** A coleta dos sinais vitais é realizada por meio do uso de uma rede de sensores acoplados a monitores cardíacos, localizados no leito do paciente. Para teste da arquitetura foram utilizados os sinais vitais da base de dados pública MIMIC (*Multi-parameter Intelligent Monitoring for Intensive Care*) (LEE et al., 2011; SCOTT et al., 2013). O MIMIC é composto de dados reais de pacientes críticos internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI).

- **Pré-processamento de dados.** Realiza a filtragem e seleção dos sinais vitais. A seleção dos pacientes do MIMIC para validação do modelo *fuzzy* foi realizada através de entrevistas com médicos e enfermeiros de uma UTI, focando nos casos que apresentaram maiores instabilidade hemodinâmicas. Foram considerados os sinais vitais que melhor refletem a alteração do quadro clínico do paciente: Pressão Arterial Média (PAM), Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD) e Saturação Parcial de Oxigênio (SPO2).
- **Processamento e classificação dos dados.** Efetua um pré-diagnóstico através do processamento dos sinais vitais utilizando a lógica *fuzzy*. A modelagem *fuzzy* é operada por regras baseadas no conhecimento de médicos especialistas e parâmetros de normalidade de sinais vitais. Essa base de regras determina o diagnóstico e nível de urgência dos possíveis casos clínicos. Esta técnica foi utilizada para a implementação das ações de intervenção e controle porque possibilita a captura do conhecimento dos especialistas e identificação do melhor momento para a geração de alarmes e intervenção. Na figura 17 é apresentada a interface para criação de regras pelos profissionais de saúde.

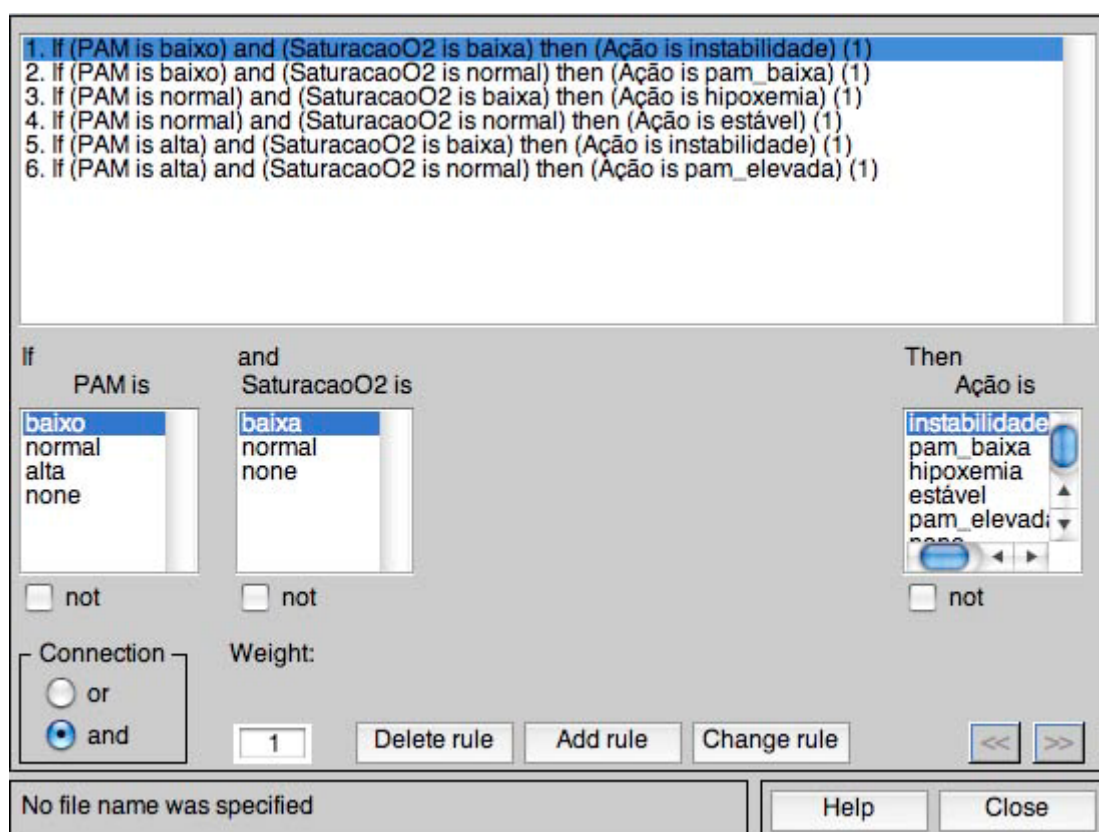


Figura 17: Criação de regras no projeto SIMAp (LEITE, 2011)

- **Pós-processamento e envio de alertas.** Envia alertas aos profissionais de saúde caso seja detectada alguma anormalidade nos sinais vitais processados.

Esta etapa é responsável por possibilitar a comunicação bidirecional entre a arquitetura e os profissionais de saúde através da rede sem fio do hospital. Os alertas podem ser recebidos por dispositivos móveis e computadores *desktop* através de e-mail, *Short Message Service* (SMS), entre outros.

A figura 18 apresenta o fluxograma utilizado para teste e validação da arquitetura do projeto SIMAp. O quadro clínico do paciente foi classificado em cinco situações: normal (estável), hipoxemia (baixa concentração de oxigênio no sangue arterial), instabilidade (todos os sinais alterados), PAM baixa e PAM alta. Posteriormente foi feita a seleção dos sinais vitais necessários ao modelo *fuzzy*, gerando-se inferências mediante funções de pertinência, base de regras e condições de alarmes já definidas dos sinais vitais. A taxa de acerto do sistema foi de 96%, a qual foi validada através de médicos especialistas envolvidos no projeto.

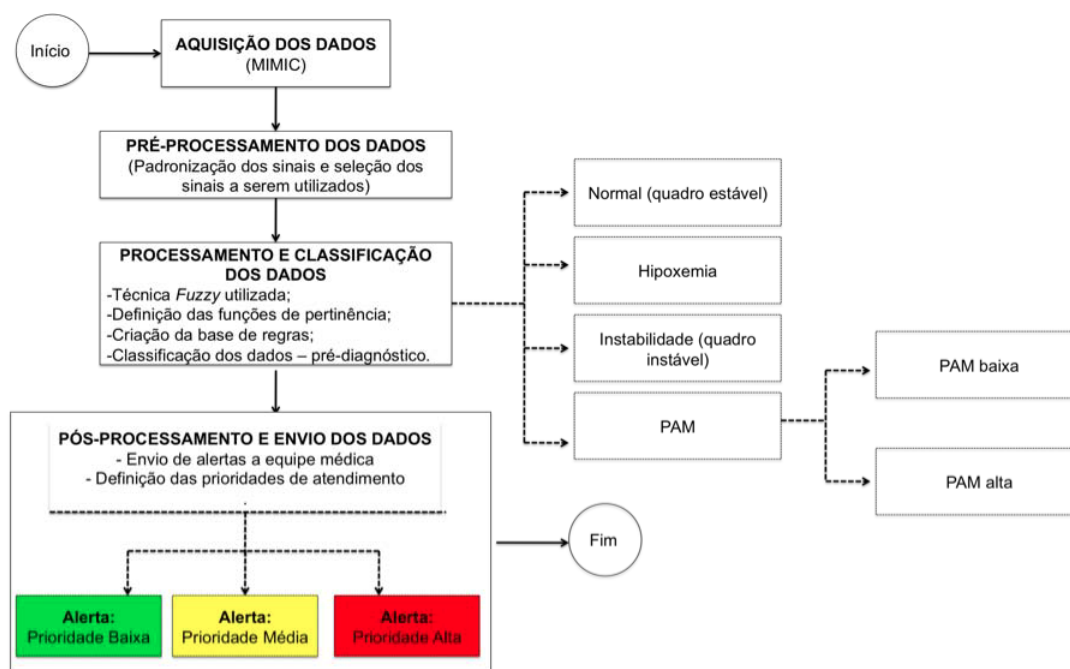


Figura 18: Teste e validação da arquitetura do projeto SIMAp (LEITE, 2011)

3.4 Projeto PA-DSS

A arquitetura proposta em (GUNAWARDANE et al., 2009), denominada nesta dissertação de PA-DSS, é um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) que possui a capacidade de identificar importantes tendências e condições adversas baseada na correlação da variação de múltiplos sinais vitais de pacientes. Além de detectar situações de risco para o paciente, o sistema também sugere um possível tratamento para a condição identificada e monitora a reação do paciente a este tratamento. Os resultados apresentados pelos autores indicam que o sistema é capaz de identificar

estes eventos e sugerir tratamentos mais rapidamente do que médicos, considerando a tomada de decisões para a terapia de pacientes com as mesmas condições.

O sistema monitora a relação entre diferentes tipos de sinais vitais, originados de variados equipamentos médicos. No caso da detecção de agravamento no estado de saúde do paciente, o SAD envia um alerta ao clínico encarregado pelo paciente e faz recomendações para seu tratamento. A arquitetura possui uma hierarquia de profissionais de saúde responsáveis por atender o paciente nestas situações. Caso o SAD não receba resposta do profissional contatado, o alerta será enviado para a próxima pessoa da hierarquia.

O recurso mais importante da solução desenvolvida é a capacidade de identificar diferentes padrões no estado de saúde dos paciente através do monitoramento contínuo dos sinais vitais. Qualquer variação ou padrão não esperado será alertado ao médico. Após a recomendação de tratamento for feita pelo sistema, este fará um rigoroso monitoramento dos efeitos deste tratamento e, caso ocorra algum efeito não esperado nos sinais vitais, os profissionais de saúde serão imediatamente alertados. A arquitetura possui para isto um sistema especialista para representação do conhecimento médico e técnicas de reconhecimento de condições relevantes na saúde do paciente, através dos quais o SAD extrai conclusões.

Na figura 19 é apresentada a arquitetura do sistema e a interação entre seus diversos componentes. Os componentes principais são o mecanismo de análise de tendência (*Trend Analysis Engine*) e o módulo especialista (*Inference Engine*). O mecanismo de análise de tendência avalia a variação dos sinais vitais do paciente, enquanto o módulo especialista realiza inferências entre os parâmetros vitais e a base de conhecimento médico. A interação entre estes dois componentes permite a identificação da deterioração do estado de saúde do paciente e a sugestão de tratamentos médicos para estas condições identificadas.

O módulo especialista é composto de um conjunto de algoritmos responsáveis pela identificação de padrões nos sinais vitais do paciente. Este módulo avalia as variações destes sinais, tais como a tendência de aumento ou redução em períodos de longa ou curta duração, variações sazonais e picos. Este módulo possui técnicas de análise estatística que avalia os conjuntos de dados com diversos níveis de precisão e complexidade.

O gerenciador de perfis da arquitetura (*Profile Manager*) é responsável pelo armazenamento e persistência dos dados do paciente. O módulo SMSC (*Short Message Service Controller*) é responsável pelo envio de mensagens aos telefones móveis dos profissionais de saúde.

Quando uma tendência na variação de um sinal vital for identificada é necessário avaliar se isto representa uma condição de risco ao paciente, a qual é detectada pela correlação na alteração de outros parâmetros vitais. Para tornar as correlações

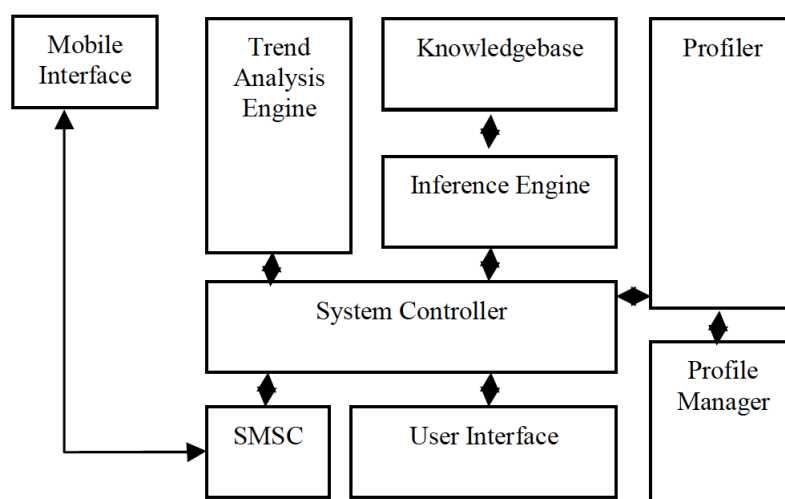


Figura 19: Arquitetura do projeto PA-DSS (GUNAWARDANE et al., 2009)

compreensíveis para o sistema computacional, estas foram representados através de regras.

Além da geração de alertas quando houver a detecção de situações de risco ao paciente, o sistema é capaz de sugerir tratamento médico de acordo com a situação identificada. Para isto é necessário que seja criado um mecanismo para mapear a condição do paciente e as sugestões de tratamento. Estes tratamentos são definidos como um conjunto de fatos identificados através do atendimento às condições de diferentes regras.

A nível de implementação, o sistema especialista foi desenvolvido representando estas regras e fatos e considerando os eventos ocorridos no passado. Esta abordagem, que é uma das estratégias usadas para se obter conclusões, possui suporte para identificação dinâmica de relações entre regras através dos resultados de regras individuais. A linguagem de programação lógica Prolog foi escolhida para desenvolver o sistema baseado em regras, já que a mesma possui raciocínio de dados do passado. Na figura 20 é apresentado um exemplo de regra usando a linguagem Prolog, onde “*solution*” define a conclusão ou tratamento sugerido, enquanto “*parameter*” indica a relação entre os parâmetros para se obter a conclusão.

```

solution(Increase fluid intake):-
    parameter(increasing B),
    parameter(increasing A),
    parameter(decreasing D).
  
```

Figura 20: Regra Prolog no projeto PA-DSS. Adaptado de (GUNAWARDANE et al., 2009)

Para comparar os resultados do sistema em relação a avaliação convencional feita

por um médico, as variações dos sinais vitais de um paciente em um determinado período de tempo (tabela 1) foram colocadas em ordem cronológica. O objetivo da comparação foi identificar em que estágio da evolução dos sinais vitais o sistema iria dar suporte ao médico. A regra utilizada pelo sistema é apresentada na figura 21, a qual define a relação entre o conjunto de sinais vitais monitorados, as conclusões feitas e as sugestões de tratamento que será apresentada ao médico quando as condições forem atendidas.

Tabela 1: Amostra de dados capturados no projeto PA-DSS. Adaptado de (GUNAWARDANE et al., 2009)

Sinal	Tempo (h)														
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PAS	130	135	110	100	90	90	90	85	85	85	80	80	70	70	100
PAD	90	85	80	75	70	60	60	60	50	50	50	50	50	50	50
FC	80	85	90	110	120	120	130	130	130	130	130	130	130	130	130
PAS	4.5	4.5	4.5	5	5.5	5.5	5.5	5.8	5.9	6.5	6.5	6.6	6.8	6.8	6.2

```

IF <Pulse rate increasing> AND
  <Systolic blood pressure is decreasing> AND
  <Serum potassium level is increasing>
THEN
  <Conclusion [1]: Patient blood pressure is dropping>
  <Treatment [1]: Increase fluid amount>

```

Figura 21: Exemplo de regra no projeto PA-DSS (GUNAWARDANE et al., 2009)

Geralmente um médico irá identificar que a pressão sanguínea do paciente está caindo somente na 17^a hora. No sistema proposto esta condição será identificada na 11^a hora, baseando-se para isso na relação entre a variação da FC, PAS e Potássio Sérico (PS). Como apresentado neste exemplo, o sistema possibilita a identificação antecipada de situações de risco ao paciente, alertando ao médico responsável sobre esta condição e sugerindo um tratamento.

Os autores do trabalho concluíram que, devido ao sistema possuir uma base predefinida de regras, isto poderia dificultar a identificação de relacionamentos entre parâmetros vitais que não tenham sido previstos. Este problema poderia ser resolvido através da substituição do sistema baseado em regras estáticas ou um sistema baseado em aprendizado dinâmico, desta forma a própria arquitetura iria aprender as relações entre os parâmetros vitais. No entanto os autores consideram que para o desenvolvimento de um sistema como este seria necessário uma quantidade elevada de dados para treinamento.

3.5 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou diversos projetos que propõem infraestruturas para aquisição e processamento de sinais vitais com foco na resposta à administração de medicamentos. A descrição apresentada para cada projeto buscou caracterizar a arquitetura de software e as estratégias que os mesmos empregam para o tratamento dos dados de contexto. Essa sistematização de informações da literatura teve o objetivo de identificar tendências no tema de pesquisa, bem como contribuir com a definição das premissas de concepção do EXEHDA-TG.

4 EXEHDA-TG: ARQUITETURA E FUNCIONALIDADES

Este capítulo apresenta os aspectos de concepção da arquitetura do EXEHDA-TG, sendo destacadas as principais decisões tomadas no desenvolvimento da pesquisa.

As tecnologias de infusão e monitoramento de sinais vitais utilizadas no EXEHDA-TG são provenientes da empresa Lifemed¹, a qual mantém cooperação de pesquisa com a UFPEL.

4.1 Visão geral da proposta

O objetivo do EXEHDA-TG é proporcionar suporte computacional ao processo de medicação dentro do ambiente hospitalar. Para isso, os efeitos dos medicamentos são verificados através do acompanhamento da evolução dos sinais vitais, permitindo assim que o médico possa confirmar se está alcançando o resultado desejado com a administração de medicamentos ao paciente. Esse resultado desejado pelos médicos nos parâmetros vitais é, na arquitetura desenvolvida, chamado de Meta Terapêutica. Uma Meta Terapêutica poderia ser, por exemplo, elevar os batimentos cardíacos ou estabilizar a pressão arterial do paciente em determinados patamares considerando um intervalo de tempo específico.

Os sinais vitais fornecem dados fisiológicos que evidenciam as condições de saúde dos pacientes, caracterizando o funcionamento e as alterações da função corporal (ver apêndice A). Portanto são indicadores que podem orientar o diagnóstico, auxiliar no entendimento da evolução do quadro clínico do paciente e consequentemente ajudar na interpretação dos efeitos do medicamento no organismo humano. Desta forma, estas informações contribuem na orientação das condutas terapêuticas, tais como a necessidade de ajustes na prescrição do medicamento ou a administração de um novo fármaco.

O cenário clínico hospitalar pode ser visto como um sistema de controle, onde o paciente é uma planta industrial, os monitores de sinais vitais são sensores e as bombas de infusão são atuadores (ARNEY et al., 2010). Os profissionais clínicos

¹Lifemed <<http://www.lifemed.com.br>>

executam a função de controladores dessa planta, deste modo o médico necessita acompanhar continuamente a todos os sensores e disparar os necessários ajustes no tratamento do paciente. O grande número de dispositivos para monitorar e controlar torna o trabalho deste profissional complexo. Além disso, tipicamente um médico é responsável por vários pacientes e situações de emergência podem desviar sua atenção para outro lugar, fazendo com que ele receba informações tardias sobre um evento importante. Como resultado, a eficácia do tratamento pode ser comprometida.

O EXEHDA-TG foi concebido para uso dentro do ambiente hospitalar em Unidades de Tratamento Intensivo (UTI). “Uma UTI constitui-se de um conjunto de elementos funcionalmente agrupados, destinado ao atendimento de pacientes graves ou de risco que exijam assistência médica e de enfermagem ininterruptas, além de equipamento e recursos humanos especializados” (Anvisa, 1998). O paciente internado em uma UTI necessita de acompanhamento contínuo de seus sinais vitais, o qual deverá possibilitar uma rápida intervenção pelos profissionais de saúde ao ser detectada alguma situação de risco. Normalmente os pacientes são internados nesse setor porque apresentam um quadro clínico grave ou porque foram submetidos a uma cirurgia (LEITE, 2011).

Um problema comum no ambiente hospitalar é a dificuldade de comunicar ao profissional responsável pelo paciente sobre a mudança em seu estado clínico (LEITE, 2011). Muitas vezes este processo é demorado e a condição do paciente é agravada.

A arquitetura desenvolvida reduz o esforço necessário na coleta e acompanhamento dos sinais vitais, através da automatização do processo de aquisição, processamento e disseminação das informações contextuais. O EXEHDA-TG fornece ao ambiente hospitalar tecnologias que integram mobilidade no acesso às informações médicas e avaliação dos sinais adquiridos baseada no conhecimento dos especialistas, permitindo assim que os profissionais clínicos possam se concentrar em sua função primária, que é prover cuidados e atenção ao paciente.

4.1.1 Técnica adotada no EXEHDA-TG para identificação de situação

O reconhecimento de situações associadas a pessoas, ambientes e/ou objetos pode ser obtido pela identificação da relação entre os eventos associados, bem como pela sua duração. Neste sentido, pode ser utilizada a Lógica Temporal de Allen (ALLEN; FERGUSON, 1994), descrita na seção 2.2.

A Lógica Temporal de Allen também pode ser usada para processamento espacial, representando intervalos como objetos unidimensionais e pontos temporais como locais no espaço, respectivamente. O processamento sobre o espaço é baseado em regiões e suas conexões (*Region Connection Calculus - RCC*) (RANDELL; CUI; COHN, 1992) através da aplicação de uma tabela de composição de regiões organizada em pares de relações (vide figura 5).

O emprego da técnica temporal e espacial ganha dimensão em sistemas dinâmicos, cujos pacientes apresentam enfermidades de diferentes naturezas e a composição e organização são variáveis, tais como os ambientes hospitalares (GUESGEN; MARSLAND, 2009). Considerando isto, esta foi a técnica adotada para avaliar se a situação do paciente está atendendo a Meta Terapêutica especificada pelo médico. Outrossim, a demanda de rápidos encaminhamentos na circunstância de UTIs fica facilitada pelos poucos parâmetros que precisam ser explicitados pelo profissional de saúde durante o seu emprego.

Nesta perspectiva, a detecção de situações de interesse pode ser modelada considerando a ocorrência de eventos significativos e os contextos em que os mesmos ocorrem (AUGUSTO et al., 2008). Para tornar isso possível é feito o emprego de regras do tipo Evento-Condição-Ação (*Event-Condition-Action* - ECA) como uma forma de reagir às informações produzidas pelos sensores. Regras ECA tem uma sintaxe com o seguinte formato:

ON <evento>, IF <condição>, DO <ação>

Isto significa que toda vez que a ocorrência do evento descrito na cláusula ON for detectada, e se a condição presente na cláusula IF (geralmente impondo restrições sobre os diferentes aspectos dos eventos considerados na cláusula ON) é verdadeira, a ação especificada na cláusula DO é executada pelo sistema. Em outras palavras, quando a cláusula ON for satisfeita a regra é dita ser “acionada” (*triggered*) e se, também a cláusula IF for satisfeita, então a regra é “disparada” (*fired*).

4.1.2 Especificação da Meta Terapêutica

Para todo tratamento medicamentoso, especificado por um médico, os parâmetros da correspondente Meta Terapêutica deverão ser informados ao EXEHDA-TG. Considerando esta parametrização, a evolução dos sinais vitais é avaliada pela arquitetura.

Os parâmetros que podem ser especificados para a Meta Terapêutica pelo médico são:

- **medicamento:** define a dosagem e o medicamento que será administrado ao paciente;
- **sinal vital:** determina qual será o parâmetro vital (por exemplo: frequência cardíaca, pressão arterial, oximetria) usado para monitorar o resultado do tratamento medicamentoso;
- **limite inicial inferior (LII):** valor mínimo aceitável para o sinal vital no início do acompanhamento da Meta Terapêutica;

- **limite inicial superior (LIs):** valor máximo aceitável para o sinal vital no início do acompanhamento da Meta Terapêutica;
- **limite final inferior (LFI):** valor mínimo aceitável para o sinal vital no final do acompanhamento da Meta Terapêutica;
- **limite final superior (LFs):** valor máximo aceitável para o sinal vital no final do acompanhamento da Meta Terapêutica;
- **limite da taxa de variação:** especifica a taxa máxima de variação aceitável para o sinal vital. Será gerado um alerta caso o valor aumente ou diminua em uma taxa superior a especificada;
- **intervalo de medições:** intervalo de tempo entre as medições dos valores adquiridos e aplicação das regras da arquitetura;
- **tempo de acompanhamento:** especifica o tempo em que os sinais vitais serão avaliados pela arquitetura;
- **tempo de inibição dos alertas:** especifica o intervalo de tempo inicial em que a arquitetura inibirá o envio de alertas aos profissionais de saúde. Este parâmetro é usado para evitar que alertas desnecessários sejam enviados aos médicos no início do tratamento do paciente, quando os sinais vitais ainda não estabilizaram em função da medicação dada.

Através da especificação pelo médico dos limites iniciais e finais, a arquitetura determina uma região considerada normal para variação dos sinais vitais do paciente em função da medicação (vide figura 22). Os limites inferiores (Lli e LFI) determinam os valores mínimos aceitáveis para o sinal vital durante o tratamento. Da mesma forma, os limites superiores (LIs e LFs) determinam os valores máximos aceitáveis para o sinal vital. Os valores intermediários aceitáveis (área sombreada do gráfico) são calculados através da interpolação linear dos limites iniciais e finais.

Os dados clínicos que caracterizam a situação do paciente são comparados com a Meta Terapêutica à luz da técnica temporal e espacial de Allen (vide seção 2.2). A premissa contemplada no EXEHDA-TG é que, após decorrido algum tempo do início da aplicação da terapia medicamentosa, os sinais vitais do paciente se mantenham contidos no intervalo da Meta Terapêutica (figura 23 - caso 6: $I1 \neq I2$); para esta analogia, considera-se $I1$ como sendo o intervalo de tempo em que a Meta Terapêutica está sendo atingida e $I2$ o intervalo de tempo em que o paciente está sendo medicado. Idealmente os sinais vitais, já no início da terapia medicamentosa, irão se posicionar dentro da Meta Terapêutica (figura 23 - caso 7: $I1 = I2$). Por fim, existe a possibilidade de concluído o período da terapia medicamentosa o paciente

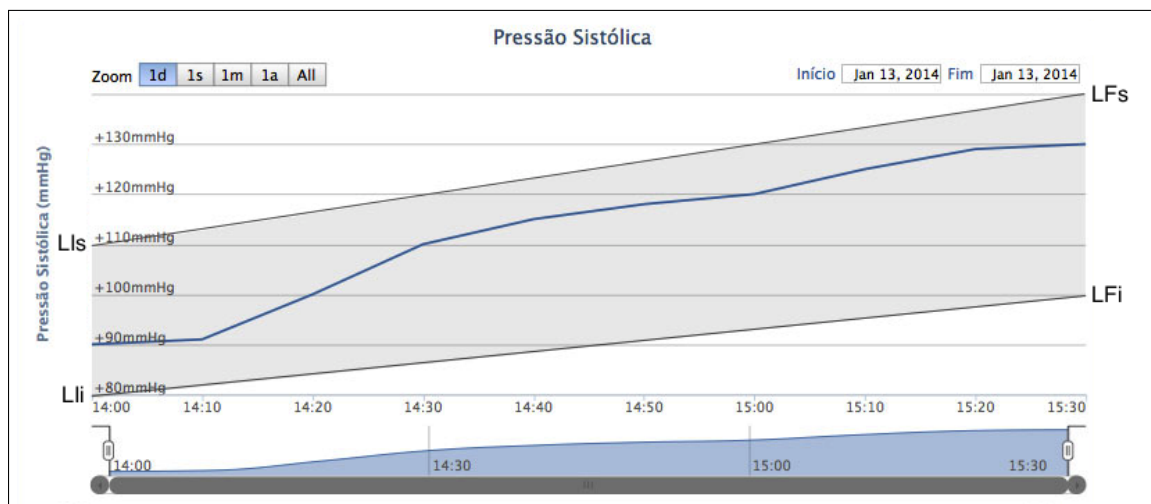


Figura 22: Exemplo de Meta Terapêutica

se manter dentro da Meta Terapêutica, mesmo sem estar recebendo medicamento (figura 23 - caso 3: $I1 \circ I2$). Este último caso caracteriza uma recuperação do paciente.

Quando os sinais vitais do paciente não se mantiverem no intervalo da Meta Terapêutica durante o período de medicação (figura 23 - caso 1: $I1 < I2$, caso 2: $I1 \text{ m } I2$, caso 4: $I1 \text{ s } I2$ e caso 5: $I1 \text{ d } I2$), serão disparado os correspondentes procedimentos de sinalização.

Os monitores de sinais vitais que estão sendo considerados no EXEHDA-TG são do modelo Lifetouch.10, os quais são produzidos pela empresa Lifemed S.A. Esses equipamentos possuem comunicação *Wi-Fi*, o que possibilita o EXEHDA-TG fazer a leitura dos sinais vitais aquisitados e verificar o estado de seus sensores/alarmes remotamente.

Para o EXEHDA-TG a administração de medicamentos ao paciente acontece através de bombas de infusão. As bombas de infusão que estão sendo utilizadas no EXEHDA-TG são do modelo LFSmart, também produzidas pela empresa Lifemed. A verificação do estado de seus sensores/alarmes e o andamento da infusão, podem acontecer remotamente, através do recurso de comunicação *Wi-Fi* das mesmas.

As informações obtidas através das etiquetas RFID têm como objetivo adaptar os parâmetros da Meta Terapêutica de acordo com a localização do paciente.

A localização do paciente é avaliada considerando a técnica espacial de Allen (vide seção 2.2). Para esta analogia (vide figura 5), considera-se X como sendo o paciente e Y como sendo a UTI. Sempre que o paciente sair temporariamente da UTI por algum motivo (caso 1: $DC(X, Y)$), como para a realização de um exame, os limites considerados como esperados na análise dos sinais vitais em função da Meta Terapêutica são desativados. Esta adaptação é feita para evitar alertas gerados pelo fato do paciente não estar mais em um ambiente controlado, pois, fora do

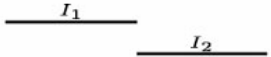
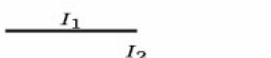
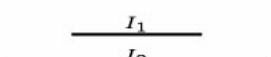
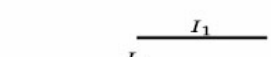
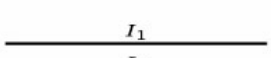
Relação	Ilustração	Interpretação
$I_1 < I_2$ $I_2 > I_1$		Sinais vitais não contidos no intervalo da Meta Terapêutica durante o período de medicação.
$I_1 m I_2$ $I_2 m i I_1$		Sinais vitais não contidos no intervalo da Meta Terapêutica durante o período de medicação.
$I_1 o I_2$ $I_2 o i I_1$		Os sinais vitais se mantêm dentro da Meta Terapêutica após concluído a terapia medicamentosa
$I_1 s I_2$ $I_2 s i I_1$		Sinais vitais não contidos no intervalo da Meta Terapêutica durante o período de medicação
$I_1 d I_2$ $I_2 d i I_1$		Sinais vitais não contidos no intervalo da Meta Terapêutica durante o período de medicação
$I_1 f I_2$ $I_2 f i I_1$		Sinais vitais contidos no intervalo da Meta Terapêutica
$I_1 = I_2$		Comportamento ideal - sinais vitais, já no início da terapia medicamentosa, se posicionam dentro da Meta Terapêutica

Figura 23: Meta Terapêutica baseada na técnica temporal de Allen. Adaptado de (GUESGEN; MARSLAND, 2009)

qual, o mesmo tem um suporte parcial de equipamentos eletromédicos. Com a desconexão do paciente dos equipamentos, tais como bombas de infusão, alguns medicamentos podem deixar de ser administrados ao paciente e, com isso, os sinais vitais passam a ter sua evolução diferente do que é esperado pelo médico que definiu a Meta Terapêutica. Por outro lado, a situação emocional do paciente durante seus deslocamentos ao longo dos vários ambientes da infraestrutura hospitalar pode se modificar, afetando o estado geral de seus sinais vitais.

4.2 EXEHDA-TG: arquitetura proposta

A arquitetura proposta contribui com o Subsistema de Adaptação e Reconhecimento de Contexto do EXEHDA, propondo para o serviço de consciência de contexto uma arquitetura que, de forma distribuída, ofereça suporte às etapas de aquisição, armazenamento e processamento de informações contextuais no ambiente hospitalar, bem como a atuação sobre o meio e o envio de alertas aos profissionais de saúde.

O objetivo geral é fornecer uma solução capaz de adquirir de forma automatizada informações contextuais dentro do ambiente hospitalar, prover meios de atuar sobre o meio e permitir o envio de alertas a dispositivos móveis.

No meio ubíquo, as diferentes informações estão espalhadas pelo ambiente. Para que o usuário tenha acesso a essas informações é necessário que elas sejam colhidas do meio através de sensores geograficamente distribuídos. Estas informações também devem ser armazenadas de forma conveniente para seu futuro processamento, tanto pelo *middleware*, quanto pelas aplicações.

Além de coletar informações e atuar sobre o meio, pode ser de interesse do usuário receber alertas em dispositivos móveis. Por exemplo, um médico prescreve um medicamento ao paciente, o fármaco é administrado por uma bomba de infusão e os sinais fisiológicos do paciente são aquisitados por um monitor de sinais vitais. Caso a tendência de variação dos sinais vitais não esteja de acordo com o esperado pelo médico, mensagens alertando esta situação são enviadas para seu *smartphone* e alarmes visuais e sonoros podem ser acionados nos equipamentos eletromédicos. Nesse caso, o EXEHDA-TG deve prover funcionalidades para o acionamento de atuadores nos equipamentos eletromédicos e o envio de alertas para os usuários do ambiente ubíquo. Deste modo, os servidores do EXEHDA-TG não apenas coletam e publicam informações, como também podem ser empregados para prover atuação sobre o meio.

O suporte a interoperabilidade do ambiente distribuído é baseado em uma arquitetura ESB (*Enterprise Service Bus*), a qual provê a integração de sistemas heterogêneos através da troca de mensagens (GUSMÃO, 2013). O objetivo central de um ESB é processar as mensagens originadas de um determinado sistema, transformando-a em um formato padrão que possa ser entendido por outro sistema. Esses sistemas não precisam ter sido concebidos para atuar de forma integrada, ou mesmo utilizar um padrão comum, pois de qualquer forma eles serão beneficiados pelo uso de uma arquitetura de software que possibilita uma comunicação padronizada.

A descrição do EXEHDA-TG, feita a seguir, está organizada a partir de seus servidores e respectivas funcionalidades, sendo realizadas as necessárias associações entre os mesmos, e com os outros serviços do *middleware* EXEHDA.

4.2.1 Servidor de Integração

O Servidor de Integração foi concebido para prover as funcionalidades necessárias para interface com os equipamentos eletromédicos, viabilizando no meio ubíquo a aquisição de dados através de sensores e o acionamento de atuadores. Na figura 25 é apresentada a arquitetura desse servidor.

O Servidor de Integração é composto pelos módulos de Aquisição, Publicação

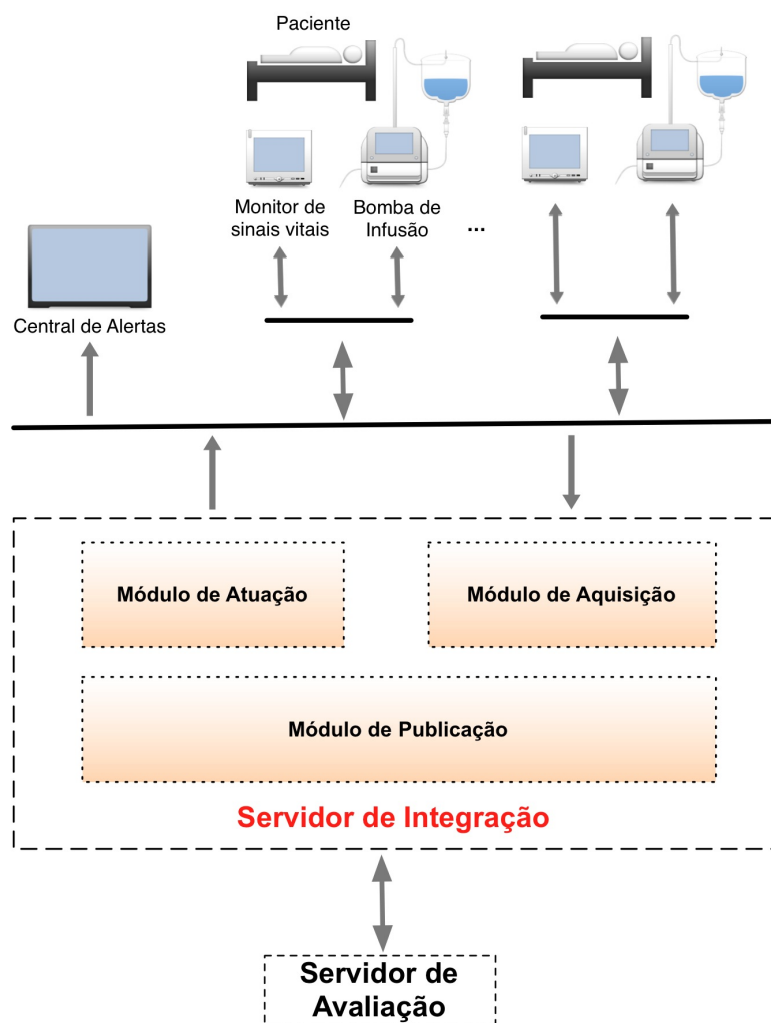


Figura 25: EXEHDA-TG: Arquitetura do Servidor de Integração

e Atuação. Na figura 26 é apresentada a arquitetura dos módulos de Aquisição e Publicação.

Módulo de Aquisição

O Módulo de Aquisição é responsável pela coleta e tratamento dos dados de sensoriamento das bombas de infusão e monitores de sinais vitais.

Este módulo realiza a interface para captura de dados dos equipamentos eletromédicos, considerando os protocolos de comunicação necessários para cada tipo de dispositivo. A leitura dos sensores é realizada de acordo com o agendamento definido pelas Metas Terapêuticas. Os dados aquisitados são tratados em etapas, através das quais é feita sua normalização e a definição de quais dados devem ser efetivamente publicados no Servidor de Avaliação.

A seguir serão descritos os componentes deste módulo.

(i) Controlador de Aquisição

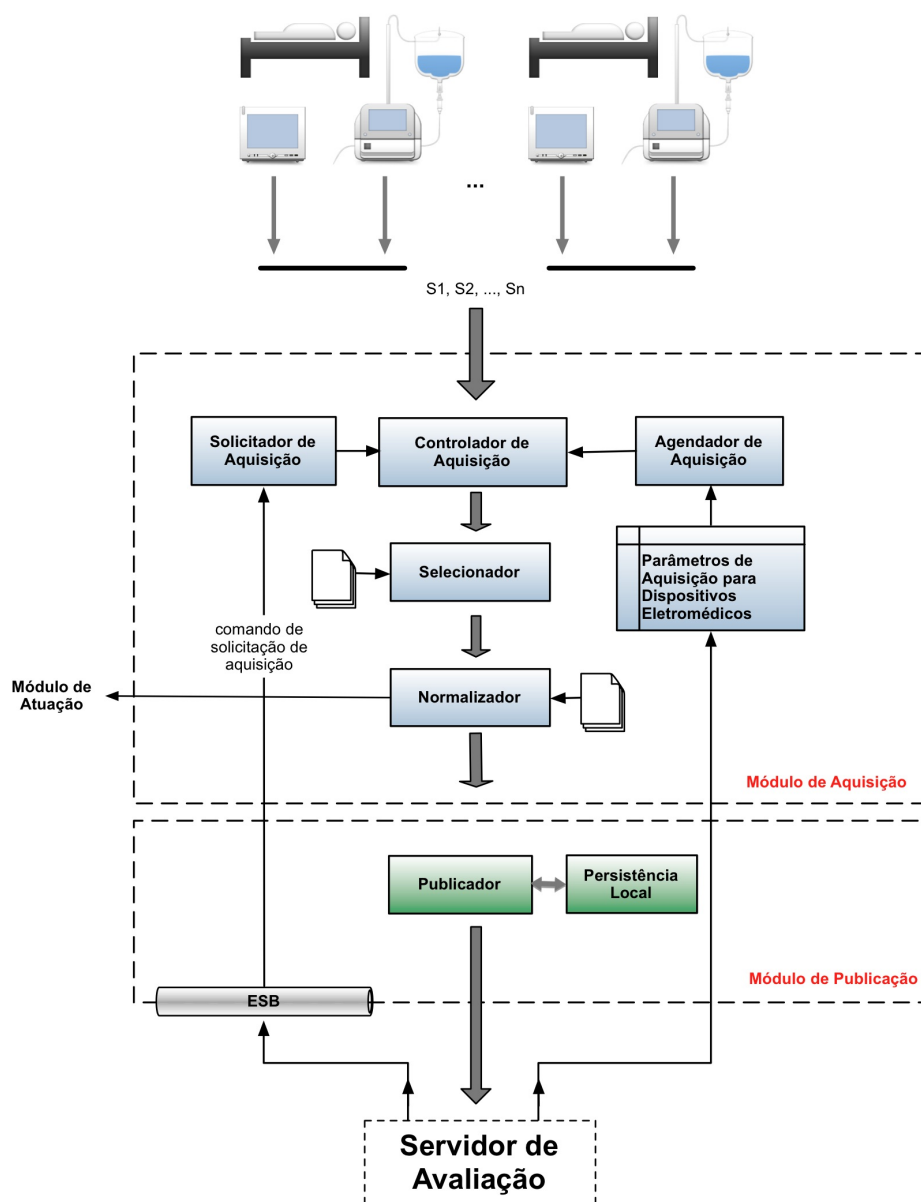


Figura 26: Módulos de Aquisição e Publicação do Servidor de Integração

O Controlador de Aquisição é responsável pela interface de baixo nível para leitura dos dados sensoriados pelas bombas de infusão e monitores de sinais vitais.

Este componente foi concebido pelo fato de que cada tipo de equipamento eletromédico possui uma forma específica de acesso para obtenção de seus dados, tal como um protocolo próprio de comunicação. Para tratar esta complexidade, este controlador implementa uma interface de comunicação padrão, abstraindo as particularidades de cada equipamento das demais camadas da arquitetura. Com isto simplifica-se a manutenção da arquitetura no caso de ocorrer a substituição do equipamento eletromédico por outra

marca/modelo ou a necessidade de atualização de protocolos de comunicação por parte do fabricante.

(ii) Solicitador de Aquisição

O componente Solicitador de Aquisição viabiliza a leitura de um determinado sensor, a qualquer momento, sempre que requisitado por uma aplicação ou por uma regra executada no Servidor de Avaliação.

Assim que este componente receber, através do barramento ESB, um comando assíncrono para aquisição de dados, o Controlador de Aquisição é acionado para a leitura do sensor correspondente.

(iii) Parâmetros de Aquisição para Dispositivos Eletromédicos

O componente Parâmetros de Aquisição para Dispositivos Eletromédicos é responsável pelo agendamento das aquisições de dados feitas pelo Controlador de Aquisição, permitindo a definição individualizada por sensor de leituras periódicas ou atreladas a datas e horários específicos.

Estas informações de agendamento são registradas no Gerenciador de Configuração do Servidor de Avaliação e transferidos ao Servidor de Integração. Os parâmetros são definidos considerando os requisitos para avaliação das Metas Terapêuticas.

Como exemplo de parâmetros, pode-se citar: intervalo de tempo entre aquisições, identificador do equipamento eletromédico, data/horário para a realização de uma aquisição específica, identificador do sensor, etc.

(iv) Agendador de Aquisição

O Agendador de Aquisição, a partir dos Parâmetros de Aquisição para Dispositivos Eletromédicos, dispara leituras de acordo com os requisitos de avaliação das Metas Terapêuticas.

Este componente se baseia no relógio do Servidor de Integração e dispara seus procedimentos de acordo com uma periodicidade especificada. Quando é identificado que algum sensor deve ser lido, o Agendador de Aquisição aciona a leitura do sensor através do Controlador de Aquisição.

(v) Selecionador

O componente Selecionador avalia quais dados coletados devem ser efetivamente publicados, considerando para isto regras que definem faixa de valores válidos, variação mínima em relação ao valor publicado anteriormente, etc.

As regras de avaliação dos dados coletados são lidas no componente Parâmetros de Aquisição para Dispositivos Eletromédicos.

(vi) Normalizador

Este componente tem como função normalizar os dados brutos aquisitados pelos sensores de acordo com o interesse das Meta Terapêuticas. Assim, faixas de valores de frequências cardíacas podem ser convertidas através de regras em descrições do tipo: “Alta”, “Média”, “Baixa”. Um exemplo, seria uma frequência cardíaca de 180 BPM, a qual é coletada e representada com a palavra “Alta”. Esta representação reduz a quantidade de dados transferidos e processados pelos servidores.

Módulo de Publicação

O Módulo de Publicação é responsável por coordenar o principal fluxo de dados entre os Servidores de Integração e o Servidor de Avaliação, promovendo a publicação dos dados coletados e garantindo uma persistência local dos mesmos quando a comunicação entre estes servidores estiver temporariamente indisponível.

(i) Persistência Local

O componente Persistência Local tem como função efetuar um armazenamento temporário dos dados coletados em um repositório no Servidor de Aquisição para garantir que, em caso de falha na comunicação com o Servidor de Avaliação, os dados sejam mantidos até que possam ser publicados.

Juntamente com o valor do sensor são registrados a data e hora da coleta. Estas informações complementares são necessárias para verificar a validade dos dados aquisitados pelo Gerenciador da Metas Terapêuticas do Servidor de Avaliação.

(ii) Publicador

O Publicador, de acordo com os critérios de avaliação do componente Seleccionador, submete os dados aquisitados pelo Módulo de Aquisição ao Gerenciador de Publicação através do barramento ESB do Servidor de Avaliação. Para garantir a segurança dos dados os dados são transmitidos de forma criptografada.

Módulo de Atuação

O Módulo de Atuação tem como função disparar a apresentação de mensagens na central de alertas e acionar os dispositivos dos equipamentos eletromédicos

responsáveis por apresentar alertas visuais e sonoros aos profissionais de saúde, tais como displays de cristal líquido (LCD - *Liquid Crystal Display*), *buzzers*, altofalantes, LEDs (*Light-Emitting Diode*), etc. Portanto, na arquitetura desenvolvida, as mensagens apresentadas nas telas dos equipamentos eletromédicos são considerados um tipo específico de atuação.

Nesta seção serão abordados os componentes responsáveis pelo controle desses atuadores. As funcionalidades dos componentes Atuação Instantânea, Tratador de Regras Locais, Supervisor e Controlador de Atuação estão descritas a seguir.

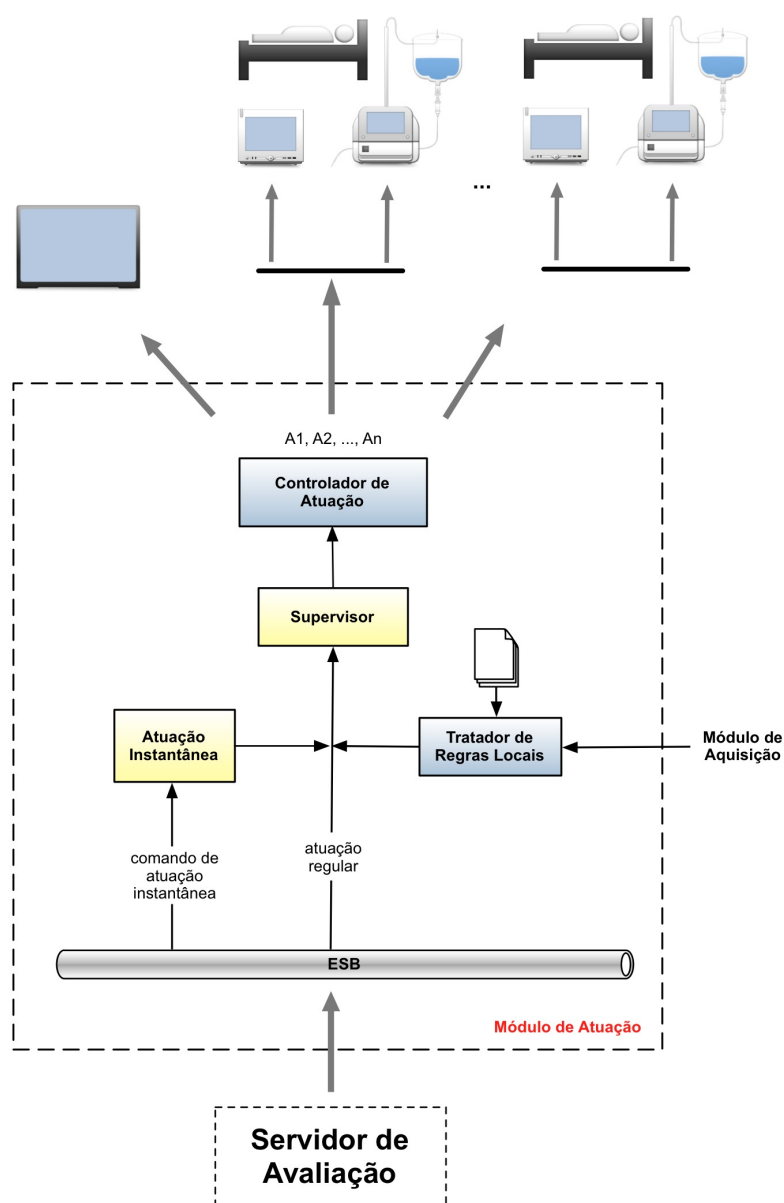


Figura 27: Módulo de Atuação do Servidor de Integração

(i) Controlador de Atuação

O Controlador de Atuação tem uma função análoga ao componente Controlador de Aquisição do Módulo de Aquisição. Este componente é responsável pela interface de baixo nível para acionamento de atuadores nas bombas de infusão, monitores de sinais vitais e centrais de alertas.

(ii) Atuação Instantânea

O componente Atuação Instantânea possui uma funcionalidade análoga ao componente Solicitador de Aquisição do Módulo de Aquisição. Este componente viabiliza o acionamento de atuadores nos equipamentos eletromédicos a qualquer momento, sempre que requisitado por uma aplicação ou por uma regra executada no Servidor de Avaliação.

Assim que este componente receber um comando assíncrono para atuação, o Controlador de Atuação é ativado através do Supervisor para executar acionamento do atuador correspondente.

(iii) Supervisor

O componente Supervisor é responsável por acionar os atuadores dos equipamentos eletromédicos através do Controlador de Atuação.

O Supervisor monitora os comandos originados da atuação regular, do comando de atuação instantânea e do Tratador de Regras Locais. Seu objetivo é identificar acionamentos realizados de forma inapropriada, tal como ligar dois atuadores que não podem ser ativados ao mesmo tempo, intervalo de tempo mínimo entre transições no estado de um atuador, tempo máximo de acionamento, etc. Caso algum comportamento inadequado seja identificado, o componente poderá ignorar o comando e/ou enviar uma mensagem ao profissional de saúde informando a situação anormal.

Através destas verificações o Supervisor também consegue identificar eventuais conflitos entre as regras no Servidor de Avaliação, regras de contingência no componente Tratador de Regras Locais e comandos de atuações instantâneas disparados pelas aplicações.

(iii) Tratador de Regras Locais

Este componente é ativado sempre que algum sensor realizar uma leitura. O Tratador de Regras Locais tem como função processar regras de contingência com a intenção de evitar que o estado de saúde do paciente se agrave ainda mais devido a ocorrência de alguma anormalidade durante a administração de medicamentos. Através do Supervisor, esse componente aciona alertas visuais e sonoros nos equipamentos eletromédicos ou interrompe a operação de uma bomba de infusão quando identificar que valores críticos foram capturados pelos

sensores. Esta funcionalidade é de fundamental importância em atuações de contingência, quando a comunicação entre o Servidor de Integração e o Servidor de Avaliação for interrompida por problemas de infraestrutura de rede.

4.2.2 Servidor de Avaliação

O Servidor de Avaliação foi desenvolvido para ser o responsável por receber valores de contexto coletados dos pacientes e dos equipamentos eletromédicos, armazenar os mesmos e disparar avaliações situacionais solicitando atuações e alertas sempre que necessário. A figura 28 mostra uma visão geral desse servidor, onde é apresentada a sua relação com os Servidores de Integração, aplicações de administradores, aplicações ubíquas dos profissionais de saúde, outros Servidores de Avaliação e serviços administrativos do hospital.

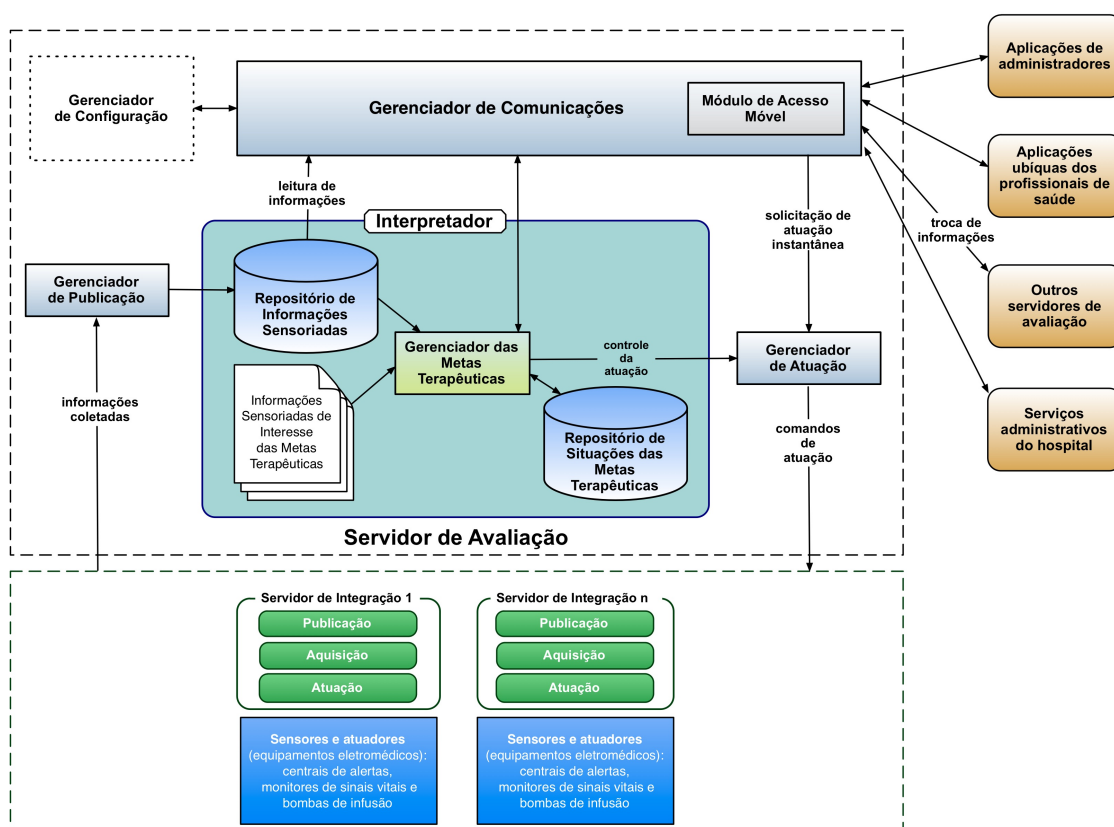


Figura 28: Arquitetura do Servidor de Avaliação

Os módulos que compõe o Servidor de Avaliação são responsáveis pela consciência de situação, desde a aquisição de dados contextuais até o acionamento de atuadores e o envio de alertas.

A seguir serão descritos os módulos dos quais é composto.

Gerenciador de Configuração

O Gerenciador de Configuração, através das aplicações de administradores, provê as funcionalidades necessárias para realizar a parametrização e gerenciamento do Servidor de Avaliação, considerando as características dos sensores e atuadores dos equipamentos eletromédicos. Este módulo armazena, em um repositório próprio, a programação das bombas de infusão, definições das Meta Terapêuticas e os parâmetros de aquisição para os dispositivos eletromédicos.

Este gerenciador permite a definição dos ambientes ubíquos gerenciados pela arquitetura, considerando a localização dos pacientes e equipamentos eletromédicos distribuídos nesses ambientes.

Neste componente é feito o cadastro das bombas de infusão, monitores de sinais vitais, centrais de alertas e seus respectivos sensores e atuadores. Cada equipamento eletromédico possui um número de identificação único (número de série), o qual é usado para endereçar os diversos dispositivos da arquitetura. Também são especificados os equipamentos eletromédicos que estão sendo utilizados por cada um dos pacientes.

Por meio deste gerenciador os profissionais de saúde parametrizam as Metas Terapêuticas através da definição de regras do tipo Evento-Condição-Ação e seus contextos de interesse. As regras são acionadas sempre que um valor adquirido por algum dos sensores for publicado pelo Servidor de Integração. Estas regras são processadas pelo Gerenciador das Metas Terapêuticas com o objetivo de detectar situações de interesse, considerando a ocorrência de eventos significativos e os contextos em que os mesmos ocorrem.

As informações para agendamento das aquisições de dados utilizados pelo componente Parâmetros de Aquisição para Dispositivos Eletromédicos do Servidor de Integração são definidas no Gerenciador de Configuração. Estes parâmetros são definidos considerando os requisitos para avaliação das Metas Terapêuticas.

Gerenciador de Comunicações

O módulo Gerenciador de Comunicações é composto por um barramento ESB e um Módulo de Acesso Móvel, os quais possuem as funcionalidades necessárias para atendimento das aplicações distribuídas dos usuários.

As aplicações ubíquas dos profissionais de saúde e outros Servidores de Avaliação utilizam o Gerenciador de Comunicações para solicitar dados de sinais vitais, *status* e parâmetros dos equipamentos eletromédicos e para acionar atuadores. Essas aplicações ubíquas dos profissionais de saúde estão em execução nos diferentes nodos que integram a estrutura computacional ubíqua provida pelo *middleware* EXEHDA.

Este módulo gerencia a comunicação com outros serviços do *middleware*,

bem como é responsável pelo envio de alertas referentes à evolução das Metas Terapêuticas. Estes alertas são disparados a partir da avaliação realizada pelo Gerenciador das Metas Terapêuticas sobre os dados sensorizados, tendo como base as Informações Sensorizadas de Interesse das Metas Terapêuticas. A arquitetura prevê o envio de mensagens através e-mails e SMS. O Módulo de Acesso Móvel provê a *interface* entre o EXEHDA-TG e os dispositivos móveis dos profissionais de saúde. Na seção Módulo de Acesso Móvel há uma descrição detalhada deste módulo.

Neste módulo são armazenados, em um repositório próprio, os dados dos profissionais de saúde e de seus dispositivos computacionais, possibilitando assim que a arquitetura possa identificar os usuários e o destino dos alertas gerados. Dentre as informações cadastradas, pode-se citar: nome do profissional, número do telefone celular para envio de mensagens SMS, e-mail, entre outros. Neste repositório também são registrados todos os alertas enviados, incluindo a respectiva data e hora de disparo.

Gerenciador de Publicação

O Gerenciador de Publicação é responsável pelo suporte à coleta de sinais vitais, *status* e parâmetros das bombas de infusão e monitores de sinais vitais, capturados através do Servidor de Integração. Essas funcionalidades são implementadas através do barramento ESB do Servidor de Avaliação.

Somente são publicados os dados que atenderem os requisitos especificados pelo componente Parâmetros de Aquisição para Dispositivos Eletromédicos do Servidor de Integração. Estes requisitos, avaliados pelo componente Seleccionador do Servidor de Integração, avalia a faixa de valores válida, variação mínima em relação ao valor publicado anteriormente, entre outros parâmetros. Os dados que atenderem a estes requisitos são então armazenados no Repositório de Informações Sensorizadas através do componente Gerenciador de Publicação.

Gerenciador de Atuação

O Gerenciador de Atuação, sempre que solicitado pelos demais módulos do Servidor de Avaliação, é responsável pelo acionamento dos atuadores dos equipamentos eletromédicos. Esse componente tem como função disparar no ambiente ubíquo ações que mudem o estado dos equipamentos eletromédicos, apresentando alertas visuais e sonoros aos profissionais de saúde.

Para realizar um determinado acionamento em um equipamento eletromédico, o Gerenciador de Atuação recebe o identificador do atuador envolvido, os parâmetros operacionais a serem utilizados e interopera esta operação com os Servidores de Integração através do barramento ESB.

O Gerenciador de Atuação possui as seguintes atribuições:

- submeter ao Servidor de Integração os comandos de atuação instantânea oriundas das aplicações ubíquas dos profissionais de saúde;
- submeter ao Servidor de Integração os comandos de atuação regular necessários para atender as demandas geradas como resultado da avaliação das regras do Gerenciador das Metas Terapêuticas;
- submeter os comandos de solicitação assíncrona de aquisição de dados de sensores;
- repassar ao Servidor de Integração os parâmetros de configuração dos atuadores definidos pelos administradores do sistema no Gerenciador de Configuração.

Interpretador

O Interpretador tem como principal função realizar tarefas de gerenciamento e identificação das informações contextuais, utilizando para isto dados especificados no componente Informações Sensoriadas de Interesse das Metas Terapêuticas. A tarefa de identificação é processada sobre os dados coletados através dos sensores e tem o intuito de produzir informações de contexto de mais alto nível.

Os objetivos do Interpretador incluem:

- armazenar os dados de contexto aqusitados pelos sensores dos equipamentos eletromédicos no Repositório de Informações Sensoriadas;
- disparar regras no Gerenciador das Metas Terapêuticas quando for detectada a publicação de dados de interesse;
- avaliar os dados coletados através de regras para identificar situações de acordo com as Metas Terapêuticas definidas pelos profissionais de saúde;
- manter consistentes o Repositório de Informações Sensoriadas e o Repositório de Situações das Metas Terapêuticas;

A seguir estão descritos os componentes que compões o Interpretador:

(i) Repositório de Informações Sensoriadas

O Repositório de Informações Sensoriadas armazena os dados de contexto aqusitados pelos sensores dos equipamentos eletromédicos.

A sua estrutura vem sendo revisada a medida que acontecem trabalhos relacionados ao *middleware* EXEHDA (WARKEN, 2010; VENECIAN, 2010; GUSMÃO, 2013). A estrutura prototipada traduz a organização da arquitetura

do *middleware* EXEHDA, contemplando as relações entre as aplicações, componentes, sensores, ambientes e os contextos de interesse.

Neste repositório estão armazenadas os sinais vitais dos pacientes e dados de sensoriamento das bombas de infusão e monitores, obtidos através do Módulo de Aquisição do Servidor de Integração, mantendo dessa forma um histórico dos contextos para que possam ser avaliados pelo Gerenciador da Meta Terapêutica. As informações de contexto capturadas são registradas neste repositório juntamente com seu *timestamp* da coleta, *timestamp* de registro e Servidor de Integração de origem.

As informações deste repositório podem ser acessadas pelas aplicações ubíquas dos profissionais de saúde através do Gerenciador de Comunicações.

(ii) Repositório de Situações das Metas Terapêuticas

O Repositório de Situações armazena os resultados da avaliações realizadas pelo Gerenciador da Meta Terapêutica sobre as informações contextuais oriundas do Repositório de Informações Sensoriadas. Este repositório mantém um histórico de quando e quais Metas Terapêuticas foram atingidas.

As informações deste repositório podem ser acessadas pelas aplicações ubíquas dos profissionais de saúde através do Gerenciador de Comunicações

(iii) Informações Sensoriadas de Interesse das Metas Terapêuticas

O componente Informações Sensoriadas de Interesse das Metas Terapêuticas é responsável por caracterizar os aspectos que devem ser considerados nos procedimentos de monitoração do ambiente ubíquo, de interpretação dos dados capturados e dos respectivos alertas gerados.

Este componente contém a relação de quais regras devem ser avaliadas pelo Gerenciador das Metas Terapêuticas quando um determinado sensor publica um dado no Repositório de Informações Sensoriadas.

(iv) Gerenciador das Metas Terapêuticas

O Gerenciador da Metas Terapêuticas é um mecanismo de inferência baseado em regras, o qual produz contextos deduzidos de acordo com as Metas Terapêuticas definidas pelos profissionais de saúde.

O EXEHDA-TG processa, através do Gerenciador das Metas Terapêuticas, regras do tipo Evento-Condição-Ação para identificação de situações utilizando técnicas baseadas em lógica espacial e temporal. Os parâmetros destas regras são definidos pelos profissionais de saúde, levando em consideração as faixas de valores e o tempo esperado como meta para os sinais vitais dos pacientes em função da administração de um medicamento.

Quando um dado adquirido é publicado no Repositório de Informações Sensoriadas, o Gerenciador das Metas Terapêuticas consulta o componente Informações Sensoriadas de Interesse das Metas Terapêuticas para identificar quais regras devem ser avaliadas. Os resultados destas avaliações são então registrados no Repositório de Situações das Metas Terapêuticas.

Módulo de Acesso Móvel

O Módulo de Acesso Móvel foi concebido com a intenção de prover acesso em deslocamento ao EXEHDA-TG. O mesmo está organizado em dois blocos: (i) exibição de informações contextuais, e; (ii) tratamento de alertas proativos, conforme apresentado na figura 29).

Particularmente, a disponibilização de alertas proativos em uma plataforma de hardware que possa acompanhar o profissional de saúde enquanto este desempenha suas atividades nos mais diferentes lugares, se mostrou um procedimento que potencializa a ubiquidade da solução de consciência de contexto disponibilizada.

Uma prototipação deste módulo foi realizada no trabalho (JACCOTTET, 2013), voltada para *smartphones* e/ou *tablets* que empregam o sistema operacional Android²).

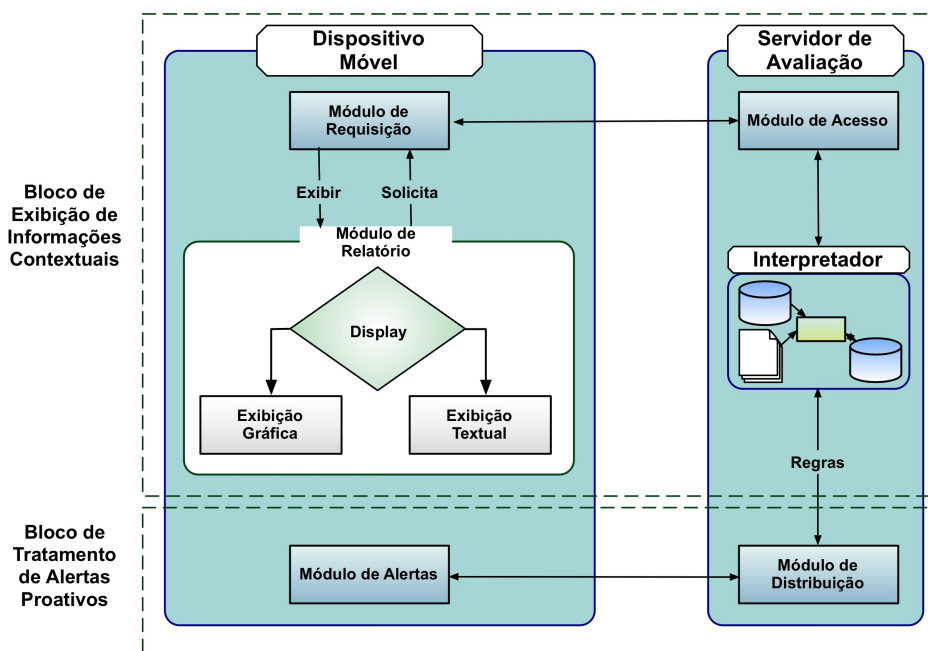


Figura 29: Arquitetura do Módulo de Acesso Móvel

² Google Android Developers <<http://developer.android.com>>

Bloco de Exibição de Informações Contextuais

O bloco de exibição de informações contextuais executa no dispositivo móvel e disponibiliza ao usuário relatórios, tanto gráficos como textuais, acerca das informações contextuais de seu interesse.

A comunicação do bloco com o Servidor de Avaliação acontece em duas etapas: (i) é feita uma inspeção das informações de contexto que estão sendo tratadas; (ii) são solicitados dados específicos para determinada informação contextual em um intervalo de tempo.

Suas funcionalidades foram organizadas em três módulos, conforme descrito a seguir.

(i) Módulo de Relatório

Este módulo trata da exibição das informações contextuais no dispositivo móvel. As principais operações disponibilizadas através da sua interface são:

- requisição da lista de sensores que são tratados pelo EXEHDA-TG (sinais vitais e estado das bombas de infusão);
- seleção da informação de qual sinal vital que será exibido no relatório;
- escolha da natureza do relatório: gráfico ou textual;
- oferecer ao profissional de saúde, uma vez exibido o relatório, alternativas para personalização do período de tempo dos dados mostrados.

(ii) Módulo de Acesso

O Módulo de Acesso consiste de um servidor com total acesso ao Repositório de Informações Sensoriadas do EXEHDA-TG. Suas funcionalidades estão resumidas a seguir:

- retornar a lista de sensores que são tratados pelo EXEHDA-TG (sinais vitais e estado das bombas de infusão);
- retornar as informações contextuais pertinentes ao contexto de interesse do usuário, para o intervalo de tempo desejado.

(iii) Módulo de Requisição

O Módulo de Requisição tem por objetivo solicitar informações contextuais ao Módulo de Acesso, a pedido do Módulo de Relatório. O mesmo contempla quatro funções:

- requisitar a lista de sensores que são tratados pelo EXEHDA-TG (sinais vitais e estado das bombas de infusão);

- requisitar uma determinada informação contextual desejada pelo usuário no intervalo de tempo especificado;
- enviar esta solicitação ao Módulo de Acesso através do barramento ESB do mesmo;
- receber e interpretar as informações contextuais provenientes do Módulo de Acesso, disponibilizando as mesmas ao Módulo de Relatório.

Bloco de Tratamento de Alertas Proativos

O Bloco de Tratamento de Alertas Proativos tem por objetivo sinalizar o usuário quando da ocorrência de eventos de seu interesse através de notificações proativas. O mesmo tem suas funcionalidades organizadas em dois módulos conforme a seguir.

(i) Módulo de Alertas

O Módulo de Alertas executa no dispositivo móvel, disponibilizando alertas ao usuário, empregando para isso o mecanismo nativo de notificação da plataforma móvel. Esta opção tem como característica propiciar ao usuário um gerenciamento integrado da natureza dos alertas praticados pelo seu dispositivo móvel. As suas principais funções são:

- recuperar, no intervalo de tempo especificado pelo usuário, os alertas junto ao Módulo de Distribuição;
- disponibilizar ao usuário estes alertas na área de notificação do dispositivo móvel.

(ii) Módulo de Distribuição

O Módulo de Distribuição executa no mesmo equipamento do serviço de consciência de contexto em regime de operação ininterrupta. Suas principais funções são:

- receber os alertas para os dispositivos móveis produzidos pelo tratador de regras do serviço de consciência de contexto;
- disponibilizar aos dispositivos móveis os alertas.

Este módulo opera mantendo os alertas produzidos pelas diferentes regras contextuais, liberando o Interpretador. Seu acesso pelos dispositivos móveis ocorre através do Módulo de Comunicação, o qual, através de um barramento ESB, propicia acesso as diferentes funcionalidades do Servidor de Avaliação.

4.3 Discussão dos trabalhos relacionados

O estudo dos trabalhos relacionados foi desenvolvido em duas etapas. Em um primeiro momento (ver capítulo 3), foram apresentadas suas principais características, objetivando identificar as tendências no tema da pesquisa, bem como contribuir com a definição das premissas da proposta. Em um segundo momento, nesta seção, os trabalhos relacionados são discutidos, tendo por base aspectos decorrentes das premissas consideradas para concepção do EXEHDA-TG. Estes aspectos, considerados na comparação entre os trabalhos relacionados (vide tabela 2), estão tratados a seguir:

Tabela 2: Trabalhos relacionados ao EXEHDA-TG

Características	Projetos				
	MTM-CC	HeartCycle	SIMAp	PA-DSS	EXEHDA-TG
Arquitetura (distribuída ou centralizada)	distribuída	distribuída	distribuída	distribuída	distribuída
Armazenamento dos dados de contexto	sim	sim	sim	sim	sim
Consulta sobre os dados de contexto	não	sim	não	não	sim
Suporte ao tratamento de regras distribuídas	não	não	não	não	sim
Regras baseadas no conhecimento de médicos especialistas	sim	-	sim	sim	sim
Propósito (específico ou geral)	geral	específico	específico	específico	geral
Uso (hospital ou <i>home care</i>)	<i>home care</i>	<i>home care</i>	hospital	hospital	hospital
Deteção de eventos não esperados	sim	sim	não	sim	sim
Interface com equipamentos eletromédicos	não	sim	sim	sim	sim
Verificação da resposta ao tratamento medicamentoso	sim	sim	não	não	sim
Abordagem siga-me para envio de alertas	não	não	sim	sim	sim
Classificação autônoma do estado clínico do pacientes	não	sim	sim	sim	não

Todos os projetos estudados possuem suporte ao tratamento de regras, porém esta funcionalidade usualmente está restrita a algumas etapas do processamento do contexto, principalmente à interpretação dos dados contextuais. O EXEHDA-TG, diferencia-se destes trabalhos, por sua arquitetura de software ter sido concebida para dar suporte ao tratamento distribuído de regras personalizáveis, as quais podem estar vinculadas a diferentes níveis de tratamento dos dados contextuais, tanto nos Servidores de Integração, como nos Servidores de Avaliação. Neste sentido, o Tratador de Regras Locais, localizado no Servidor de Integração, tem como função processar regras de contingência com a intenção de gerar alertas. Esta funcionalidade é de fundamental importância em atuações de contingência quando a comunicação entre o Servidor de Integração e o Servidor de Avaliação for interrompida por problemas de infraestrutura de rede.

A arquitetura do EXEHDA-TG destaca-se com relação aos demais projetos por possuir suporte para acionamento de alertas visuais e sonoros nos equipamentos

eletromédicos, permitindo também interromper a operação de uma bomba de infusão quando identificar que valores críticos forem capturados pelos sensores.

MTM-CC

Dentre os trabalhos relacionados, sistematizados no capítulo 3, verifica-se que o mais próximo ao EXEHDA-TG é o MTM-CC (KOUTKIAS et al., 2010).

A arquitetura do projeto MTM-CC é distribuída, e de forma análoga ao EXEHDA-TG, contempla esforços de processamento dos dados contextuais em diferentes posições da arquitetura.

Os dois trabalhos fazem o armazenamento dos dados aquisitados em um servidor, apesar de somente o EXEHDA-TG caracterizar mecanismos para sua posterior consulta.

Em ambos trabalhos a parametrização do plano para monitoramento da resposta à medicação (Meta Terapêutica) é feita pelo médico, permitindo o uso das arquiteturas para propósito geral. Os médicos podem criar regras para serem informados, através de alertas, caso os valores dos sinais vitais satisfaçam alguma condição que coloque o paciente em risco ou caso algum sintoma não desejado seja identificado.

O foco do MTM-CC é o acompanhamento de pacientes em *home care*, enquanto o EXEHDA-TG foi desenvolvido para uso dentro do ambiente hospitalar, mais especificamente em UTIs.

No MTM-CC, os eventos não esperados (parâmetros fisiológicos fora de uma faixa de valores considerada normal) são detectados através de regras parametrizáveis e também pela avaliação de questionários sobre a presença de sintomas, os quais são preenchidos pelo paciente através de um *smartphone*. O EXEHDA-TG também pode detectar eventos não esperados (sinais vitais fora da Meta Terapêutica) através da criação de regras.

No MTM-CC os sinais vitais são aquisitados através de uma rede de sensores biomédicos sem fio, no EXEHDA-TG a aquisição é realizada através de monitores de sinais vitais modelo Lifemed Lifetouch.10. O EXEHDA-TG também possui suporte para interface com bombas de infusão modelo Lifemed LFSmart, permitindo avaliar e armazenar os alarmes gerados pela mesma. Ambos equipamentos da Lifemed operam por comunicação sem fio (*WiFi*).

Ambos trabalhos possuem foco na verificação da resposta ao tratamento medicamentoso através do acompanhamento dos sinais vitais. Se os parâmetros fisiológicos não evoluírem, em função da medicação, de acordo com o esperado pelo médico, as arquiteturas enviarão alertas para avisar aos médicos sobre esta condição.

No projeto MTM-CC os alertas são enviados a um servidor central, enquanto no EXEHDA-TG estes alertas também podem ser enviados diretamente aos *smartphones* dos profissionais de saúde, proporcionando assim uma abordagem siga-me.

Nenhum dos dois trabalhos realiza uma classificação autônoma do estado clínico do paciente. Ambos utilizam regras parametrizáveis por especialistas para geração de alertas.

Como o paciente em *home care* não precisa estar necessariamente o tempo todo em seu leito, o projeto MTM-CC permite que o mesmo tenha mobilidade. Para isto os sinais vitais são enviados por uma conexão sem fio da rede de sensores para a Unidade Base Móvel (UBM), a qual pode ser um *smartphone* ou um PDA, e então transmitidos para o ambiente clínico (MBU). Desta forma o paciente pode circular por sua casa sem as restrições impostas por fios ou equipamentos fixos. Como o EXEHDA foi feito para uso em UTIs, a arquitetura considera que o paciente está sempre em seu leito e conectado a um monitor de sinais vitais e bombas de infusão. No EXEHDA-TG, caso o paciente entre em deslocamento a avaliação da Meta Terapêutica é suspensa.

MTM-CC provê o envio de lembretes para o dispositivo móvel do paciente lembrando-o sobre os horários em que deve tomar sua medicação, aumentando dessa forma a aderência ao tratamento.

HeartCycle

O *HeartCycle* (CHOUVARDA et al., 2011) possui uma arquitetura distribuída, assim como o EXEHDA-TG.

Os dois trabalhos fazem o armazenamento dos dados adquiridos pelos sensores, permitindo também que sejam consultados posteriormente. No projeto *HeartCycle* os dados são transmitidos a uma central dentro do ambiente hospitalar através de um PDA.

O projeto *HeartCycle* não possui suporte para avaliação do estado clínico do paciente a medida que os dados são capturados. A avaliação da resposta à medicação é feita pela aplicação sobre os dados coletados de modelos matemáticos, os quais permitem identificar se o tratamento está gerando os efeitos esperados nos sinais vitais do paciente. Estes modelos matemáticos são baseados em guias médicos e na opinião de médicos especialistas. No EXEHDA-TG, os médicos podem parametrizar regras para identificar através da variação dos sinais vitais, a medida que a medicação acontece, se o tratamento está gerando os efeitos esperados.

O *HeartCycle* é direcionado a doenças relacionadas a pacientes portadores de problemas cardiovasculares. O EXEHDA-TG permite a definição das Metas Terapêuticas de forma personalizada através do uso de regras, viabilizando seu uso para diversos propósitos.

Assim como no EXEHDA-TG, no *HeartCycle* é apresentado uma arquitetura que adquire sinais vitais capturados através de equipamentos eletromédicos.

Ambos trabalhos possuem o objetivo de verificar a resposta do paciente em função do tratamento medicamentoso. No entanto o *HeartCycle* está mais focado em verificar

a aderência do paciente ao tratamento em *home care*, de forma a identificar se o mesmo está tomando os medicamentos conforme as recomendações do médico. Este trabalho tem como premissa que, para obter a aderência à terapia médica, o paciente precisa entender porque o medicamento foi prescrito e como ele irá afetar os seus sinais vitais. Para isto o trabalho apresentou ferramentas que permitem fazer a previsão da resposta à medicação, comparando com os efeitos reais da mesma. Desta forma o clínico pode apresentar ao paciente os motivos pelos quais os medicamentos estão sendo administrados e os riscos envolvidos na descontinuação do tratamento.

No EXEHDA-TG, caso a resposta ao medicamento não esteja de acordo com o esperado pelo médico, alertas serão enviados para os dispositivos móveis dos médicos e para a central de alertas. O *HeartCycle* somente envia alertas para uma central no ambiente hospitalar, não focando em uma abordagem siga-me. No entanto este trabalho está mais direcionado para permitir que o clínico, em seu consultório, aprofunde a análise dos vitais e condições clínicas do paciente e avalie em detalhes a resposta ao tratamento, evidenciando assim as alterações e suas causas, tais como a falta de aderência.

Ambos trabalhos não fazem a classificação autônoma do estado clínico do pacientes.

SIMAp

O SIMAp (LEITE, 2011) possui uma arquitetura distribuída e, assim como no EXEHDA-TG, o SIMAp abrange todas as etapas de tratamento dos dados de contexto.

Também como no EXEHDA-TG, o SIMAp coleta os sinais vitais por meio de monitores, armazenando os mesmos em um banco de dados no servidor.

O EXEHDA-TG permite a exibição de informações contextuais nos dispositivos móveis e aplicações *web*, disponibilizando aos usuários relatórios, tanto gráficos como textuais, acerca das informações contextuais de seu interesse. No SIMAp é possível visualizar nos dispositivos móveis e computadores *desktops* somente os alertas com os pré-diagnósticos inferidos pelo sistema.

As duas arquitetura permitem a criação de regras. O SIMAp provê uma interface para criação de regras pelos profissionais de saúde, determinando assim o diagnóstico e nível de urgência dos possíveis casos clínicos. No EXEHDA-TG os médicos podem criar regras para gerar alertas caso os sinais vitais não estejam de acordo com o esperado para o tratamento medicamentoso.

No EXEHDA-TG as regras podem ser parametrizadas de forma a viabilizar seu uso para propósito geral. O SIMAp classifica o quadro clínico do paciente em cinco situações específicas: normal, hipoxemia, instabilidade, PAM baixa e PAM alta. Para que o modelo *fuzzy* realize as inferências para classificação do quadro clínico do paciente é necessário que as ações sejam previamente modeladas e treinadas a partir

do conhecimento especializado. Devido a isto, o SIMAp somente pode ser utilizado em casos específicos.

Ambas arquiteturas possuem foco de uso nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI) de hospitais.

Em ambos trabalhos os sinais vitais são coletados através de monitores de sinais vitais. Somente o EXEHDA-TG faz interface com bombas de infusão.

O SIMAp não considera a evolução dos sinais vitais em função do tratamento medicamentoso de forma personalizada por paciente. O EXEHDA-TG gera alertas quando os sinais vitais não estão evoluindo em função da medicação conforme o esperado pelo médico em cada caso clínico.

As duas arquiteturas são baseadas em uma abordagem siga-me para o envio de alertas quando identificam que o paciente está em alguma situação de risco.

O SIMAp efetua um pré-diagnóstico através do processamento dos sinais vitais utilizando a lógica *fuzzy*. O EXEHDA-TG, por sua vez, considera uma Meta Terapêutica especificada pelo médico.

PA-DSS

Assim como o EXEHDA-TG, o PA-DSS (GUNAWARDANE et al., 2009) prevê uma arquitetura distribuída.

No projeto PA-DSS, o gerenciador de perfis da arquitetura, chamado de *Profile Manager*, é responsável pelo armazenamento e persistência dos dados do paciente. No EXEHDA-TG estes dados são armazenados no Repositório de Informações Sensoriadas do Servidor de Avaliação. Somente o EXEHDA-TG prevê facilidades para consulta posterior dos sinais vitais aquisitados.

Ambos trabalhos utilizam regras para avaliar se a tendência na variação de um sinal vital representa uma condição de risco ao paciente. O EXEHDA-TG processa, através do Gerenciador da Meta Terapêutica, regras do tipo Evento-Condição-Ação para identificação de situação utilizando técnicas baseadas em lógica espacial e temporal. No PA-DSS, a linguagem de programação lógica Prolog foi escolhida para desenvolver seu sistema baseado em regras, devido a esta possuir suporte a inferência.

A base de regras do PA-DSS é estática, originada de dados de treinamento, o que dificulta a identificação de condições nos parâmetros vitais que não tenham sido previstas. No EXEHDA-TG as regras podem ser parametrizadas pelo médico dependendo do perfil do paciente e do tratamento medicamentoso, ampliando seu uso em diferentes situações.

A arquitetura do PA-DSS possui um sistema especialista para representação do conhecimento médico e técnicas de reconhecimento de condições relevantes na saúde do paciente, através dos quais o Sistema de Apoio à Decisão extrai conclusões. No EXEHDA-TG as regras também são baseadas no conhecimento de médicos

especialistas, os quais estabelecem uma Meta Terapêutica a ser atingida. A avaliação da Meta Terapêutica é feita pela lógica espacial e temporal de Allen.

Ambas arquiteturas possuem foco de uso nas Unidades de Terapia Intensiva de hospitais.

As duas arquiteturas possibilitam a detecção de eventos não esperados através da criação de regras que geram alertas no caso de algum parâmetro fisiológico estiver evoluindo de um forma não esperada pelo médico.

Os dois trabalhos possuem *interface* com equipamentos eletromédicos.

O PA-DSS possui um mecanismo para mapear o estado clínico do paciente e sugerir tratamentos. Estes tratamentos são definidos como um conjunto de fatos identificados através do atendimento às condições de diferentes regras. No EXEHDA-TG a interpretação dos sinais vitais coletados, e as necessárias correções na terapia medicamentosa é feita pelo médico.

4.4 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foram apresentadas a visão geral da proposta de pesquisa, a técnica adotada para identificação de situação, a conceituação da Meta Terapêutica e a arquitetura do EXEHDA-TG. Foram descritas as estruturas, com seus respectivos componentes, do Servidor de Integração, do Servidor de Avaliação e do Módulo de Acesso Móvel. Por fim, foram discutidos os trabalhos relacionados, comparando suas características aos da arquitetura do EXEHDA-TG.

5 EXEHDA-TG: ESTUDO DE CASO

Neste capítulo estão resumidos os aspectos das tecnologias utilizadas na concepção do EXEHDA-TG, bem como o estudo dos cenários de uso empregados na avaliação de suas funcionalidades. O estudo de caso contempla tarefas referentes ao sensoriamento e a coleta de informações contextuais, avaliação e notificação dos dados de contexto aos demais serviços do *middleware*.

5.1 Recursos utilizados

Nesta seção estão resumidas as características das tecnologias utilizadas no EXEHDA-TG.

5.1.1 Bombas de infusão

A bomba de infusão que está sendo considerada nesta arquitetura, marca Lifemed e modelo LFSmart (figura 31), possui comunicação de dados via *Wi-Fi*, o que permite parametrizar os dados de uma nova infusão, verificar o estado de seus sensores/alarmes e o andamento da infusão remotamente.

Bombas de infusão produzidas pela Lifemed são equipamentos eletromédicos destinados a regular o fluxo de líquidos administrados ao paciente sob pressão positiva gerada pelo dispositivo (IEC, 2012). Estes equipamentos são empregados no tratamento medicamentoso de pacientes quando é necessária precisão acima de 95% no fluxo de administração de líquidos, ou quando é necessário empregar fluxos maiores que os obtidos com sistemas gravitacionais ajustados manualmente. A definição dos parâmetros de infusão tem de ser realizada por um médico. A infusão da droga é feita através de uma abordagem de controle em malha aberta, e portanto o sistema requer intervenção humana para responder às alterações na condição do paciente, ou seja, não possui um mecanismo de realimentação automático (KUMAR et al., 2009).

Deste modo, a administração de medicamentos em uma dose constante e precisa é considerada a aplicação mais importante das bombas de infusão,

pois os medicamentos possuem limites terapêuticos de dosagem (SILVEIRA NANTES BUTTON, 2008). A dose de administração não pode ser baixa a ponto de não ter efeito, deve ser suficientemente alta para ser efetiva, mas não tão elevada a ponto de ser tóxica.

Os modos tradicionais de administração de medicamentos, através de injeções ou pílulas, resultam em flutuações de concentração da droga no organismo ao longo do tempo, que podem fazer com que esta fique abaixo ou acima da faixa terapêutica, mesmo que a concentração média esteja dentro da faixa. A infusão contínua de drogas através de bombas de infusão reduz as flutuações e, se a taxa de infusão for correta, assegura uma ação terapêutica contínua.

Pesquisas tem mostrado que em torno de 80% dos pacientes hospitalizados recebem terapia por infusão, podendo-se concluir a importância das bombas de infusão dentro do ambiente hospitalar (SILVEIRA NANTES BUTTON, 2008).

O sistema de infusão da Lifemed consiste, basicamente, de três componentes (figura 30): um reservatório com o fluído a ser infundido (reservatório com o medicamento), um dispositivo eletromecânico que transporta o líquido do reservatório ao paciente (equipo) e um dispositivo para regular ou gerar o fluxo (bomba de infusão). O equipamento possui sensores e controles que possibilitam a infusão precisa e segura de medicamentos mesmo em baixas velocidades e por longos períodos de tempo.

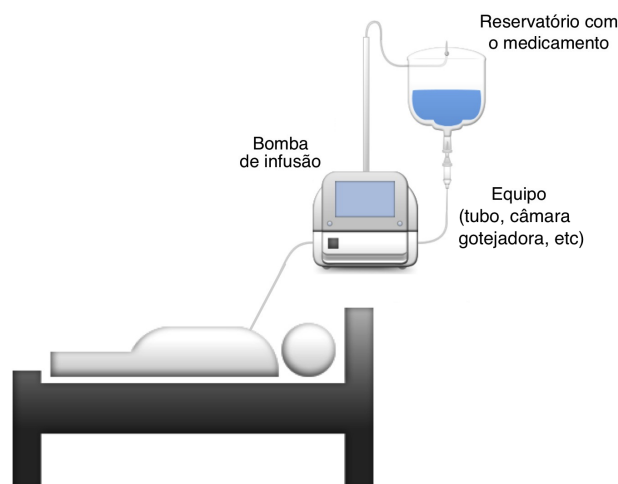


Figura 30: Componentes básicos de um sistema de infusão

As bombas de infusão LFSmart possuem uma série de sensores que avisam o operador sobre condições que possam ser prejudiciais ao paciente. Como exemplo destes sensores, pode-se citar: detector de presença de rede elétrica, nível de energia da bateria interna, velocidade de cadência das gotas do medicamento, velocidade e sentido de giro do motor, bolhas de ar (com o objetivo de evitar riscos de embolia

gasosa), oclusão (detecta obstrução da passagem do medicamento ao paciente), porta do mecanismo de infusão aberta, entre outros. Estas informações da bomba de infusão LFSmart são tratadas pelo EXEHDA-TG.



Figura 31: Bomba de infusão LFSmart (Fonte: (LIFEMED, 2014a))

5.1.2 Monitores de sinais vitais

O monitor de sinais vitais que está sendo considerado nesta arquitetura, marca Lifemed e modelo Lifetouch.10 (figura 32), possui comunicação de dados via *Wi-Fi*, o que permite fazer a leitura dos sinais vitais adquiridos e verificar o estado de seus sensores/alarmes remotamente.

Alguns exemplos de sinais vitais que podem ser adquiridos por este monitor multiparamétrico são: oximetria de pulso (SPO₂), eletrocardiograma (ECG), Frequência Cardíaca (FC), temperatura corporal (TEMP), gases respiratórios/capnografia (CO₂), respiração ou apnéia por impedância (RESP), Pressão arterial Não Invasiva (PNI) e Pressão arterial Invasiva (PI). Uma descrição mais detalhada destes sinais vitais encontra-se no apêndice A.

Os monitores podem utilizar sensores localizados externamente (métodos não invasivos) ou internamente (método invasivo) ao corpo do paciente (CARVALHO, 2008). As medições de SPO₂, ECG, FC, TEMP, CO₂, RESP e PNI são feitas por métodos não invasivos. A medição de PI é um exemplo de uso do método invasivo, onde um cateter é inserido em uma artéria, podendo-se fazer a medida das pressões sistólica, diastólica e média através do transdutor de pressão.

Alguns parâmetros medidos pelos monitores, tais como ECG, FC e RESP, são obtidos através de sinais elétricos, os quais são gerados de modo espontâneo por nosso organismo. Outros parâmetros, tais como SPO₂, TEMP, CO₂ e PNI, precisam de transdutores para converter as variáveis biológicas em grandezas elétricas.

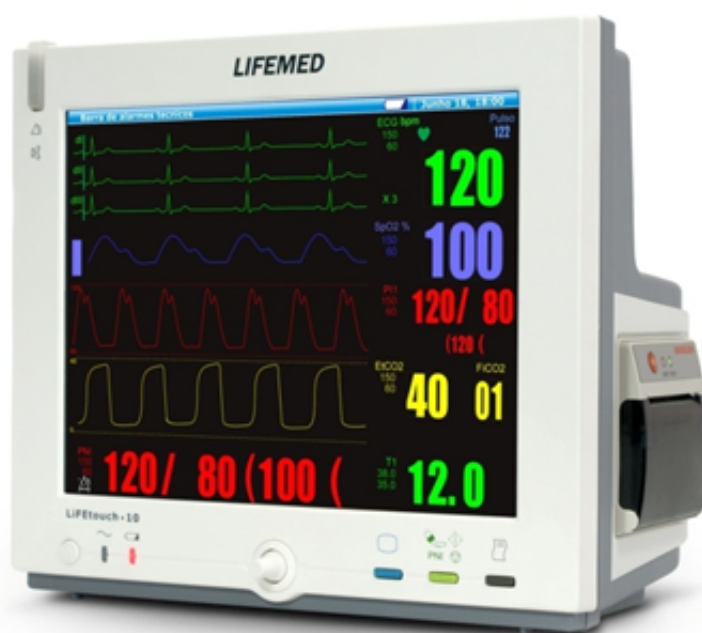


Figura 32: Monitor de sinais vitais Lifetouch.10 (Fonte: (LIFEMED, 2014b))

Modelos mais avançados destes equipamentos, tal como o Lifetouch.10, possuem *display* colorido com tela sensível ao toque e *interface* de comunicação sem fio para integração com centrais de monitoramento.

5.1.3 Sensores RFID

Na arquitetura desenvolvida, se considera que os pacientes ao serem internados no hospital recebem uma pulseira (*RFID Patient Wristband*, fabricado pela *SATO Healthcare Solutions*¹ - figura 33A) com uma etiqueta RFID embutida. Esta etiqueta armazena um identificador único e algumas informações sobre o paciente, tal como sua foto e o número de prontuário. No corredor de acesso a UTI está instalado um portal RFID (modelo *Speedway xPortal R640*, fabricado pela Impinj, Inc.² - figura 33B e figura 33C), o qual identifica os pacientes que entram e saem do setor, no caso a UTI, através da leitura das pulseiras utilizadas pelos pacientes.

Identificação por radiofrequência ou RFID (*Radio-Frequency IDentification*) é um método para armazenar e recuperar dados remotamente utilizando dispositivos chamados etiquetas RFID, *tags* RFIDs ou *transponders* (FUHRER; GUINARD, 2006). Uma *tag* RFID é um pequeno objeto, como uma etiqueta adesiva, que pode ser incorporado a um produto. As etiquetas RFID utilizadas no EXEHDA-TG são passivas (não possuem fonte de energia própria) e compostas de uma antena conectada a um *chip* eletrônico. Esta antena utiliza a energia eletromagnética emitida durante

¹SATO Healthcare Solutions <<http://www.satoamerica.com/>>

²Impinj, Inc. <<http://www.impinj.com/>>

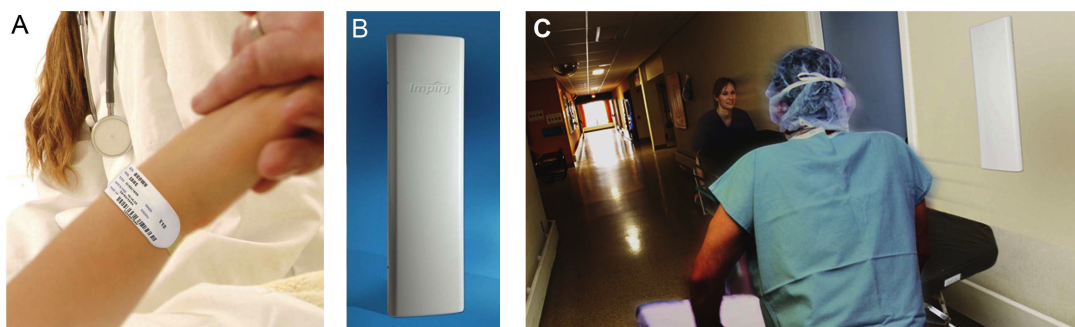


Figura 33: A) Pulseira com etiqueta RFID (Fonte: (RETAIL, 2014)); B) Portal de leitura de etiquetas RFID (Fonte: (IMPINJ, 2014)); C) Portal RFID instalado no corredor de acesso a UTI do hospital (Fonte: (IMPINJ, 2014))

a consulta feita pelo leitor de RFID para alimentar o *chip* ao qual está conectada. Esta energia captada é suficiente para alimentar o *chip* da etiqueta RFID enquanto os dados requisitados são enviados ao leitor. Posteriormente um computador conectado ao leitor processa as informações recebidas.

O *chip* da etiqueta, além de armazenar dados gravados pelas aplicações, contém um número de identificação único que é utilizado para rotular o paciente.

A tecnologia RFID possui diversas características que tornam seu uso interessante para vários tipos de aplicações. Como as ondas de rádio podem passar através da maioria dos objetos sólidos, as etiquetas não precisam estar em linha direta de visão do leitor RFID. Além disso, as etiquetas RFID podem ser lidas em movimento.

5.1.4 *Smartphone*

O EXEHDA-TG possibilita o envio de alertas aos *smartphones* dos profissionais de saúde de forma ubíqua, provendo mobilidade no acesso às informações médicas. Para isto foi utilizado o Samsung modelo GT-S5830B (figura 34). A seleção da tecnologia Android (*Google Android Developers*³) é consequência do LUPS priorizar nas suas pesquisas o emprego de plataformas *open sources*.

A disponibilização de alertas proativos em uma plataforma de hardware que possa acompanhar o profissional de saúde enquanto este desempenha suas atividades nos mais diferentes lugares, se mostrou um procedimento que potencializa a ubiquidade da solução de consciência de contexto disponibilizada.

Através de dispositivos móveis os usuários podem acessar relatórios, tanto gráficos como textuais, acerca das informações contextuais de seu interesse.

Para exibição dos alertas para os profissionais de saúde foi explorada a interface disponibilizada pela plataforma Android. Este aspecto potencializa a integração do mecanismo de alertas às funcionalidades do *smartphone* do usuário.

³ *Google Android Developers* <<http://developer.android.com>>



Figura 34: *Smartphone* Samsung GT-S5830B (Fonte: (SAMSUNG, 2014))

5.1.5 Servidor de Integração

O grupo de pesquisa do *Laboratory of Ubiquitous and Parallel Systems* (LUPS) tem utilizado plataformas computacionais baseadas em Linux para viabilizar, no meio ubíquo, a aquisição de dados através de sensores e o acionamento de atuadores. De modo mais específico, o grupo vem utilizando o Raspberry Pi modelo B (figura 35). Como características principais, este equipamento possui tamanho reduzido, baixo consumo de energia e baixo custo.

O Raspberry Pi é baseado no *System on a Chip* (SoC) BCM2835, o qual possui um processador ARM1176JZF-S de 700 MHz, 512MB de memória RAM e processador gráfico VideoCore IV. Para armazenamento do sistema operacional e aplicações, este equipamento utiliza um cartão *Secure Digital* (SD Card). O equipamento utiliza o sistema operacional Debian baseado no núcleo do Linux.



Figura 35: Raspberry Pi modelo B (Fonte: (RASPBERYPi, 2014))

5.1.6 Servidor de Avaliação

O Servidor de Avaliação é responsável por receber valores de contexto coletados dos pacientes e dos equipamentos eletromédicos, armazenar os mesmos e disparar avaliações situacionais, solicitando atuações e gerando alertas sempre que necessário. Para isto foi utilizado um hardware com processador Intel E3400-2.6GHz de dois núcleos, com memória RAM de 4Gb, com o Sistema Operacional Ubuntu Server. A escolha da distribuição Linux Ubuntu foi decorrente da adoção da mesma pelo LUPS para os seus equipamentos servidores.

5.2 EXEHDA-TG: funcionalidades disponibilizadas

Nesta seção são apresentadas as duas aplicações desenvolvidas com o objetivo de acompanhamento e avaliação das Metas Terapêuticas: (i) a primeira é direcionada para uso com navegadores Internet (*web browsers*), (ii) enquanto a segunda é direcionada para a plataforma Andróide.

Através da aplicação para navegadores é possível: (i) consultar os dados de contexto aquisitados pelos sensores dos equipamentos eletromédicos e armazenados no Repositório de Informações Sensoriadas do Servidor de Avaliação, visualizando-os através de gráficos e tabelas; (ii) visualizar relatórios textuais com os dados coletados da última semana; (iii) acompanhar a evolução de mais de um sinal vital em um mesmo gráfico, permitindo compará-los; e, (iv) realizar análises estatísticas dos dados aquisitados.

Na tela inicial da aplicação para navegadores é possível fazer a seleção de pacientes (figura 36) e os dados clínicos (figura 37) de interesse do profissional de saúde.

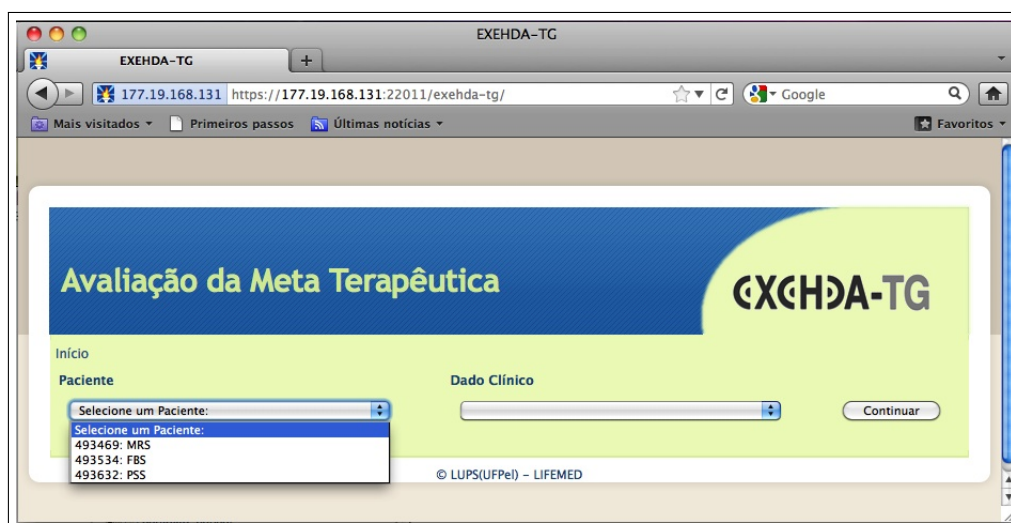


Figura 36: EXEHDA-TG - Seleção do paciente

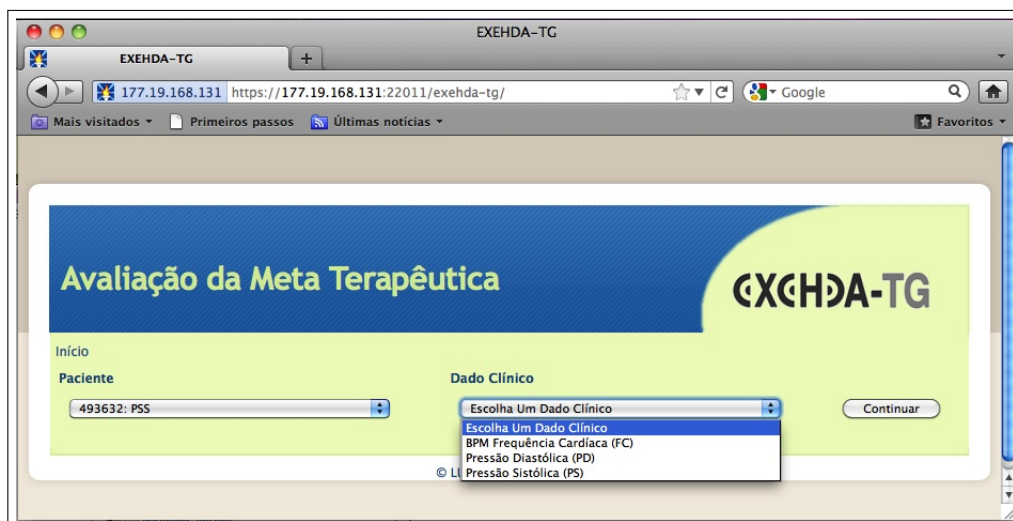


Figura 37: EXEHDA-TG - Seleção do dado clínico

Na figura 38 é apresentado um gráfico típico da evolução dos sinais vitais. Através do mesmo é possível acompanhar a variação dos sinais vitais em função da medicação administrada ao paciente. Posicionando o *mouse* no gráfico é detalhado o valor e o momento (data e horário) de coleta do mesmo.



Figura 38: EXEHDA-TG - Interface gráfica

Também é possível visualizar mais de um sinal vital simultaneamente em um mesmo gráfico (figura 39), sendo viabilizada assim a comparação entre os mesmos.

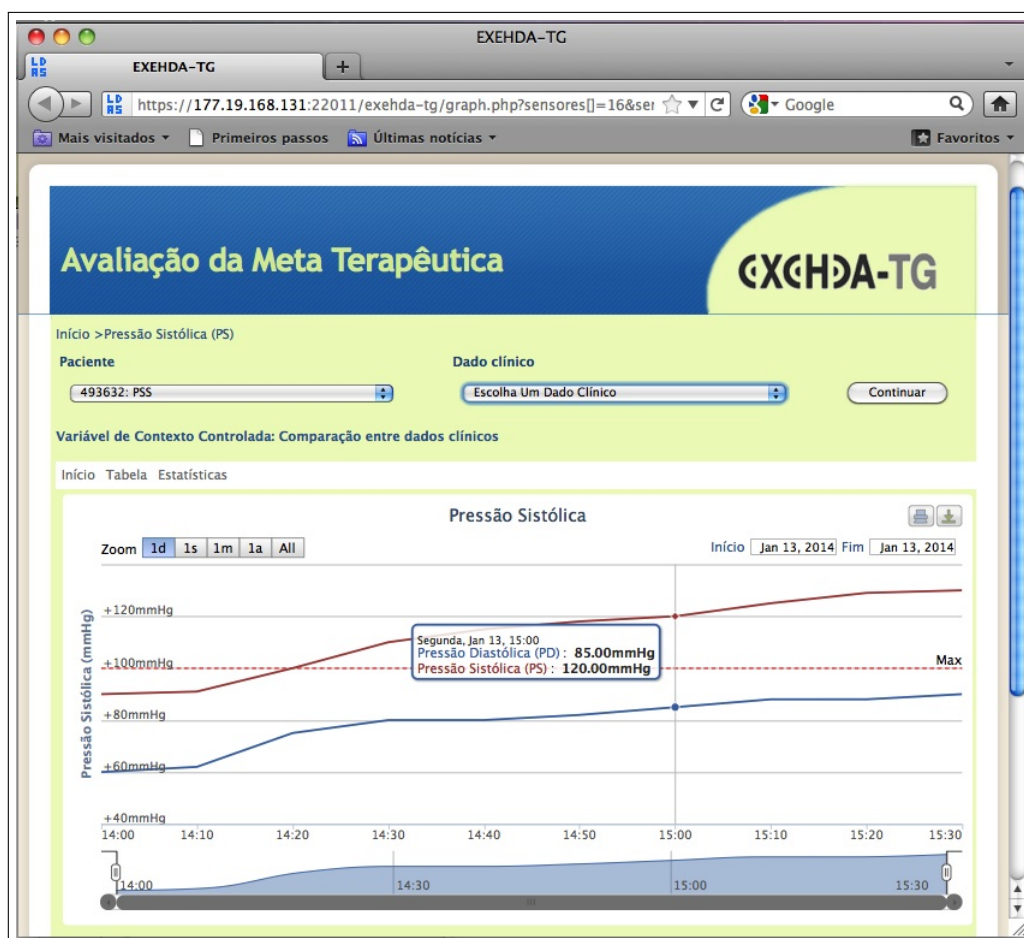


Figura 39: EXEHDA-TG - Comparação entre dados clínicos

Através da opção da interface Web do EXEHDA-TG pode-se visualizar os sinais vitais de um paciente coletados na última semana (figura 40). Estas informações são apresentadas em colunas, uma para cada dia da semana, onde também é possível ver os valores médio, máximo e mínimo de cada dia.

Na opção “Estatística” (figura 41) é apresentada uma funcionalidade da aplicação Web que viabiliza o cruzamento de dados contextuais envolvendo múltiplos sinais vitais a partir de diferentes regras. Esse recurso permite a adição, remoção e edição de regras e parâmetros.

Nas figuras 42 e 43 é apresentado um exemplo de alerta enviado aos profissionais de saúde através de e-mail e mensagem SMS, respectivamente. Estes alertas são gerados pela arquitetura quando os sinais vitais evoluem de forma diferente do esperado pelo médico ou ocorre algum alarme nas bombas de infusão ou monitores de sinais vitais. Isto é realizado através de um mecanismo de inferência baseado em regras, o qual está localizado no Gerenciador das Metas Terapêuticas do Servidor de Avaliação.

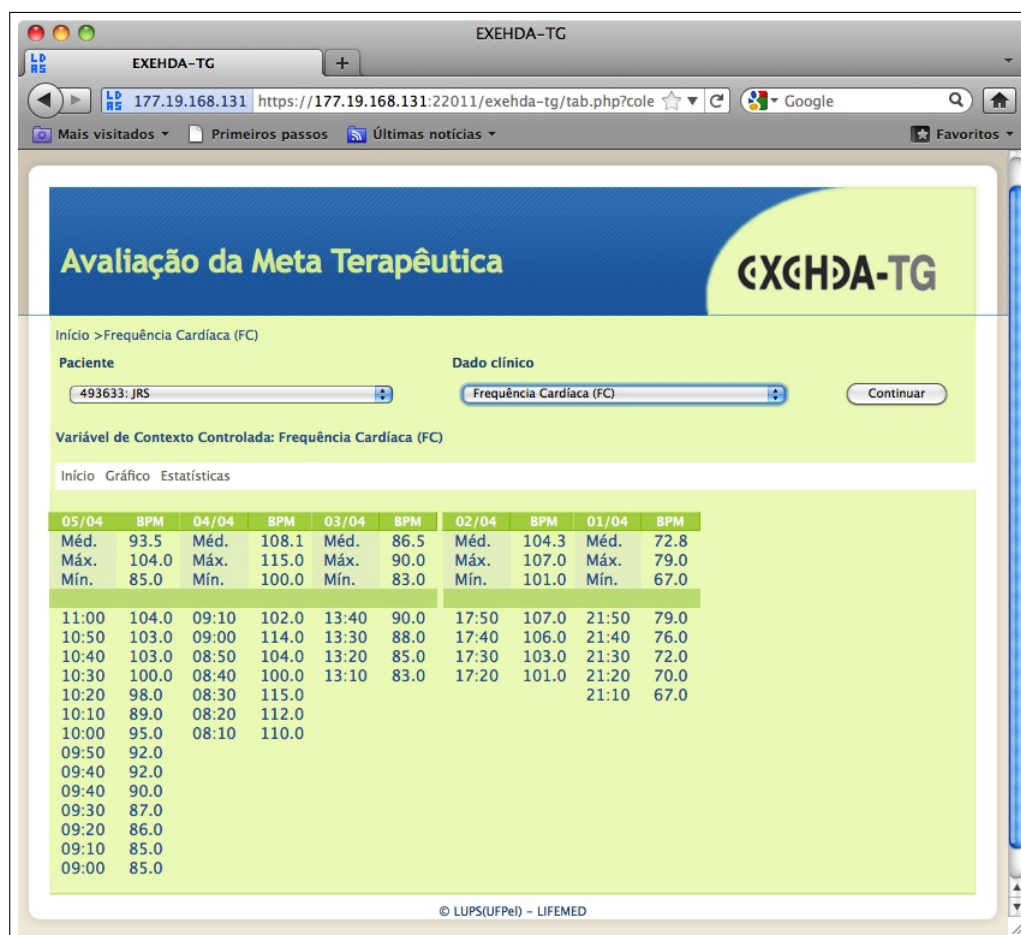


Figura 40: EXEHDA-TG - Visualização dos dados coletados na última semana

A prototipação do Módulo de Acesso Móvel é constituída de duas partes que interoperam: uma aplicação móvel e outra que processa junto ao Servidor de Avaliação (JACCOTTET, 2013).

A parte móvel é voltada para *smartphones* e/ou *tablets* que empregam o sistema operacional Android. Na figura 44 é apresentada a tela de abertura da aplicação, através da qual é possível selecionar um paciente, o dado clínico de interesse e a forma (gráfica ou textual) desejada para visualizar o mesmo.

Na tela de informações gráficas da aplicação móvel (figura 45) é apresentado o gráfico com a evolução dos sinais vitais, onde é possível selecionar o período de tempo desejado de exibição (uma hora, um dia, uma semana ou um ano). Ao clicar na curva do sinal vital é apresentado o valor e o momento (data e horário) de coleta do mesmo. O eixo vertical do gráfico é ajustado de forma automática, levando em consideração os valores mínimos e máximos a serem plotados.

Na figura 46 é apresentado um exemplo de relatório textual de dados clínicos de um paciente.

Para disponibilização dos alertas ao usuário foi utilizado o mecanismo nativo de notificação da plataforma Androide (figura 47). Esta opção tem como característica

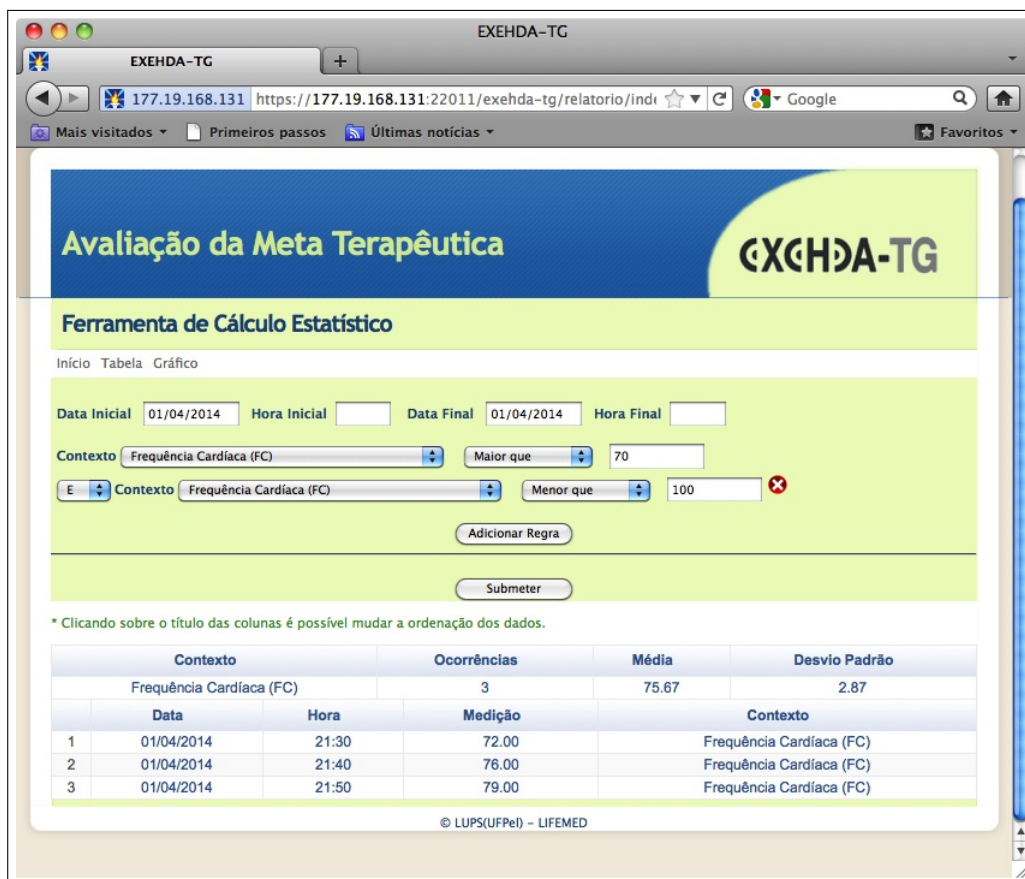


Figura 41: EXEHDA-TG - Informações estatísticas

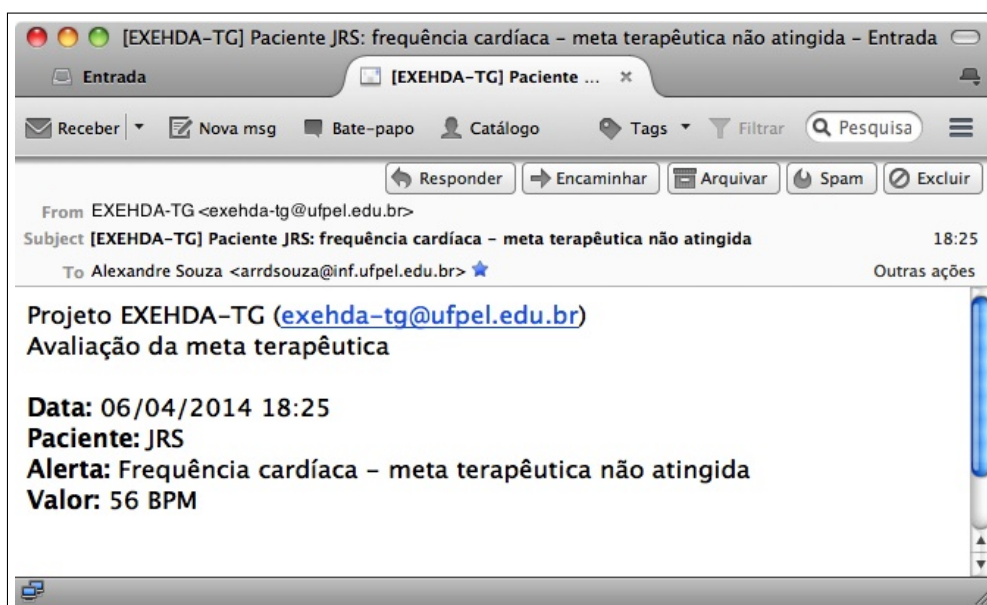


Figura 42: EXEHDA-TG - Alerta enviado via e-mail

propiciar ao usuário um gerenciamento integrado da natureza dos alertas praticados pelo seu dispositivo móvel.

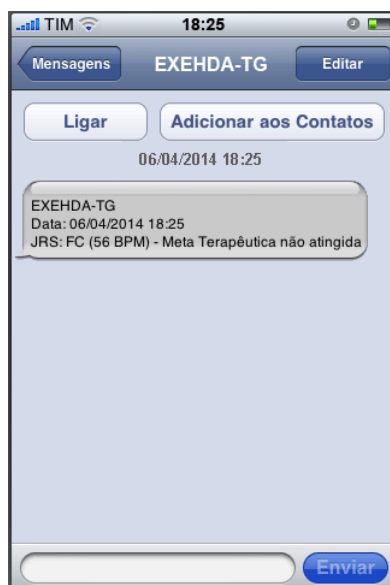


Figura 43: EXEHDA-TG - Alerta enviado via SMS



Figura 44: EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Tela de abertura

5.3 Cenários de uso

Considerando que uma das atividades mais importantes em uma UTI é o acompanhamento dos sinais vitais dos pacientes os profissionais responsáveis por esse processo precisam visitar todos os leitos regularmente (ANTONY; S; MATHEW, 2013).

Deste modo, na prática usual das UTIs, os sinais vitais são observados em equipamentos eletromédicos, tais como monitores, anotados e posteriormente

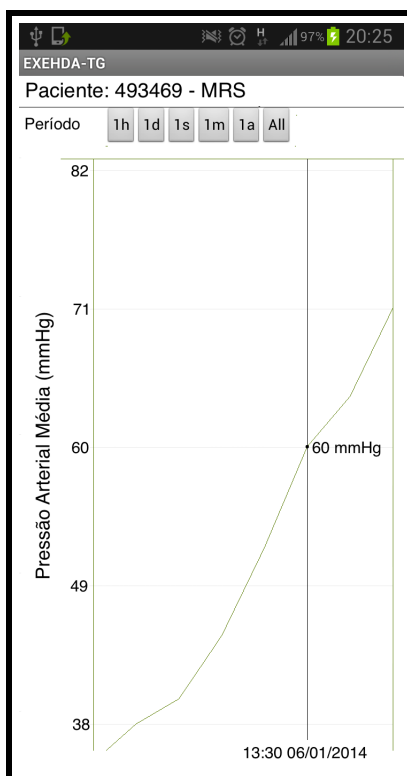


Figura 45: EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Informações gráficas

Hora	Data	PAM
12:30	06/01/2014	31.0
12:40	06/01/2014	35.0
12:50	06/01/2014	38.0
13:00	06/01/2014	40.0
13:10	06/01/2014	45.0
13:20	06/01/2014	52.0
13:30	06/01/2014	60.0
13:40	06/01/2014	64.0
13:50	06/01/2014	71.0
14:00	06/01/2014	82.0

Figura 46: EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Informações textuais

transcritos para o prontuário do paciente. Posteriormente estes dados serão avaliados pelos médicos, para assim verificar se os efeitos dos medicamentos administrados estão tendo os resultados esperados nos sinais vitais dos pacientes.

Todo este processo cria demandas na rotina de trabalho de todos os profissionais



Figura 47: EXEHDA-TG - Aplicação Andróide - Alerta

envolvidos. Além disso, como esta atividade é feita de forma manual, podem ocorrer erros de registro dos valores observados, o que pode culminar em uma interpretação errada do real estado do paciente. Como, no ambiente hospitalar, os profissionais de saúde estão envolvidos em diversas outras atividades (tais como administrar medicamentos, realizar anotações de progresso no tratamento de saúde dos pacientes, solicitar exames e verificar seus resultados), a observação e coleta dos sinais vitais podem ocorrer de forma irregular ou em intervalos de tempo inadequados ao tratamento. Portanto, o paciente pode apresentar alguma anormalidade em seu estado clínico que somente será detectada posteriormente pela equipe, quando a situação do paciente se agravou ainda mais.

Considerando esta circunstância, motivação central do trabalho, a prototipação para avaliação do EXEHDA-TG empregou três cenários de uso, os quais consideraram quadros clínicos de pacientes em Unidades de Tratamento Intensivo. Os dados clínicos foram obtidos junto a um médico intensivista que atua em um hospital conveniado a Lifemed.

Com o intuito de maximizar a disponibilidade do Servidor de Avaliação, o mesmo foi instalado nas dependências do Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDTec) da UFPel, o qual conta com um sistema de *no-breaks*.

O código do Servidor de Avaliação está escrito na linguagem Python, sendo empregado XML-RPC (*Extensible Markup Language - Remote Procedure Call*) para implementação do barramento ESB (servidor XML-RPC⁴) utilizado para interoperabilidade com o Servidor de Integração. O Repositório de Informações Sensoriadas do EXEHDA-TG emprega o gerenciador PostgreSQL para implementação das bases de dados. As regras utilizadas no módulo Informações Sensoriadas de Interesse das Metas Terapêuticas também são escritas em Python.

O código do Servidor de Integração, escrito em Python, emprega XML-RPC para implementação do barramento ESB utilizado para recebimento dos comandos de

⁴XML-RPC <<http://xmlrpc.scripting.com/>>

Tabela 3: Cenário de uso 1 - parametrização da Meta Terapêutica

Parâmetro	Valor
Medicamento:	Noradrenalina
Sinal vital:	PAM (invasiva)
Limite inicial inferior:	25 mmHg
Limite inicial superior:	50 mmHg
Limite final inferior:	60 mmHg
Limite final superior:	110 mmHg
Limite da taxa de variação:	60 mmHg/h
Intervalo de medições:	10 minutos
Tempo de acompanhamento:	90 minutos
Tempo de inibição dos alertas:	30 minutos

atuação. A coleta de dados emprega o relógio do sistema, através da Crontab do Linux, para disparo dos eventos de leitura dos sensores.

5.3.1 Cenário de uso 1: choque séptico

O paciente MRS, masculino, 60 anos, com história prévia de doença pulmonar obstrutiva crônica internou na UTI com diagnóstico de choque séptico⁵ causado por um quadro de pneumonia comunitária grave. Na admissão apresentava pressão arterial média (PAM) de 31 mmHg, medida de forma invasiva. Foi iniciado um tratamento com antibiótico, Noradrenalina e hidratação vigorosa com soro fisiológico.

Medicação prescrita:

- Noradrenalina a 20 ml/h em bomba de infusão por 12h;
 - soro fisiológico em bomba de infusão a 60ml/h por 12h;
 - 500ml de soro fisiológico em *push* com bomba de infusão durante 30 minutos a critério médico.
-

O médico, considerando a medicação prescrita para o tratamento do paciente, definiu os parâmetros da Meta Terapêutica (tabela 3) a serem informados ao EXEHDA-TG. A Noradrenalina foi receitada com o objetivo de elevar a PAM do paciente. O tempo de acompanhamento do tratamento é de 90 minutos, ao final do qual espera-se que a PAM evolua para um valor entre 60 e 110 mmHg. A coleta deste sinal vital e a avaliação da Meta Terapêutica são realizadas a cada dez minutos. Os alertas do EXEHDA-TG são inibidos nos primeiros 30 minutos, evitando assim que avisos sejam enviados aos profissionais de saúde no início do tratamento do paciente, quando os sinais vitais ainda não estabilizaram em função da medicação dada.

Na figura 48 pode-se visualizar os sinais vitais do paciente MRS sendo coletados pelo monitor Lifemed LFTouch.10, os parâmetros de programação e o *status* de administração do medicamento Noradrenalina na bomba de infusão Lifemed LFSmart.

⁵Choque séptico <<http://www.tuasaude.com/choque-septico/>>)

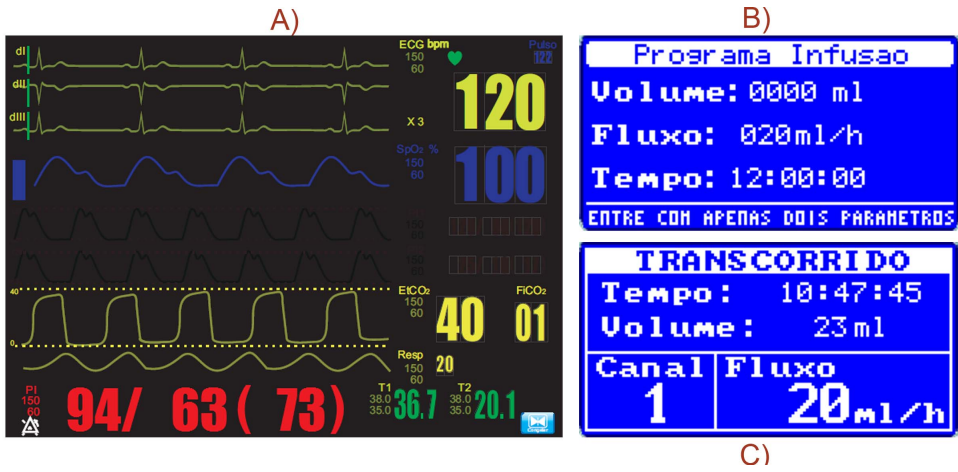


Figura 48: Cenário de uso 1: A) Parâmetros fisiológicos do paciente MRS sendo coletados pelo monitor de sinais vitais Lifemed LFTouch.10. B) Parâmetros de programação da bomba de infusão Lifemed LFSmart. C) Tela da bomba de infusão apresentando o *status* da administração do medicamento Noradrenalina

Contexto			Ocorrências	Média	Desvio Padrão
Pressão Arterial Média (PAM)			10	51.8	16.09
Data	Hora	Medição	Contexto		
1	06/01/2014	12:30	31.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
2	06/01/2014	12:40	35.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
3	06/01/2014	12:50	38.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
4	06/01/2014	13:00	40.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
5	06/01/2014	13:10	45.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
6	06/01/2014	13:20	52.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
7	06/01/2014	13:30	60.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
8	06/01/2014	13:40	64.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
9	06/01/2014	13:50	71.00	Pressão Arterial Média (PAM)	
10	06/01/2014	14:00	82.00	Pressão Arterial Média (PAM)	

Figura 49: Cenário de uso 1 - relatório textual da evolução da PAM apresentado pela aplicação para navegadores

Tendo como base os parâmetros da Meta Terapêutica, a evolução da PAM é avaliada pela arquitetura a cada coleta do sinal vital. Na tabela 4 são apresentados os valores da PAM do paciente MRS, cujo comportamento é decorrente do tratamento medicamentoso. Através da aplicação para navegadores do EXEHDA-TG é possível visualizar um relatório textual com a evolução da PAM (vide figura 49). Neste relatório pode-se ordenar os dados da tabela por data, hora e valor aquistado. Também são apresentados nesta tela da aplicação o valor médio, o desvio padrão e a quantidade de dados aquisitados.

Tabela 4: Cenário de uso 1 - evolução da PAM

Sinal	Tempo (hh:mm)									
	12:30	12:40	12:50	13:00	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00
PAM (mmHg)	31	35	38	40	45	52	60	64	71	82

Como pode ser observado na figura 50, que apresenta a variação da PAM de

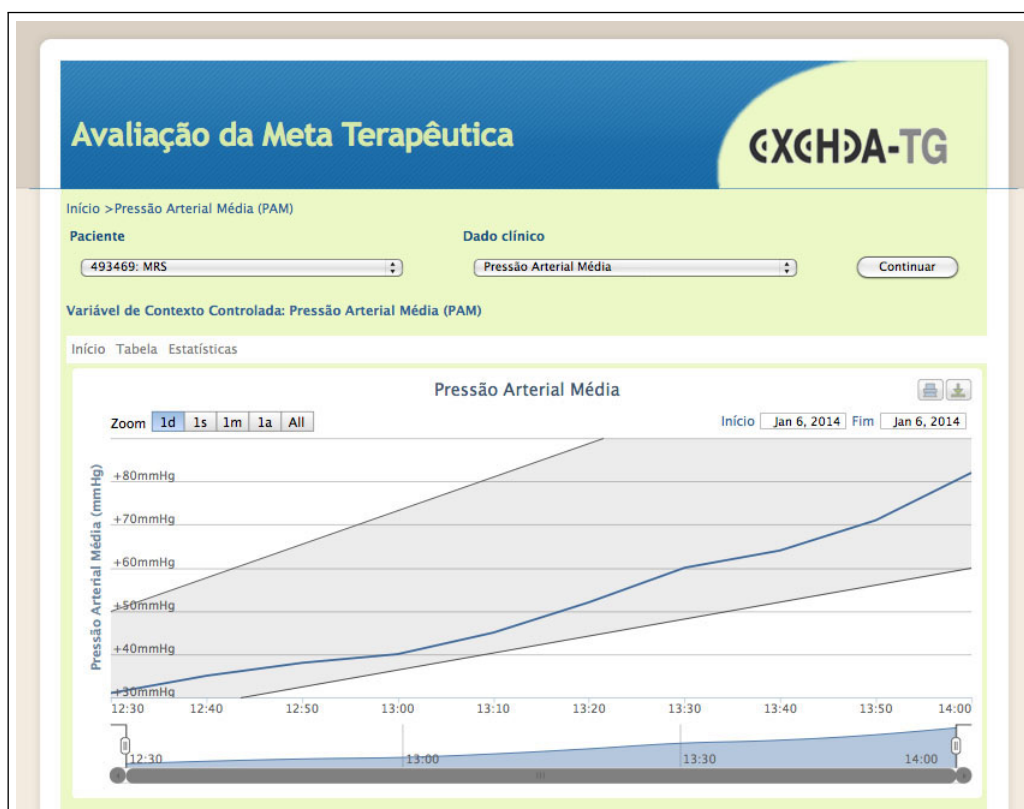


Figura 50: Cenário de uso 1 - evolução da PAM e limites da Meta Terapêutica

forma gráfica, a pressão do paciente evoluiu dentro dos limites especificados pela Meta Terapêutica, confirmando que a medicação dada ao paciente gerou o resultado esperado pelo médico. Portanto, às 14 horas o médico responsável pela prescrição do tratamento medicamentoso receberá alertas por e-mail e mensagem SMS informando que a Meta Terapêutica foi atingida.

5.3.2 Cenário de uso 2: crise hipertensiva

A paciente FBS, feminino, 70 anos, com quadro de crise hipertensiva⁶, foi admitida na UTI com PA (Pressão Arterial) não invasiva de 240/120 mmHg (PAS/PAD). Neste cenário se deseja acompanhar a evolução de dois sinais vitais, desta forma serão especificadas duas Metas Terapêuticas, uma para avaliar a PAS e outra para a PAD.

Medicação prescrita:

- Nitroprussiato de Sódio a 25 ml/h em bomba de infusão por 12h;
- Atenolol 100mg (via oral);
- Losartan 100mg (via oral).

⁶Crise hipertensiva <<http://www.tuasaude.com/hipertensao/>>)

Tabela 5: Cenário de uso 2 (meta A) - parametrização da Meta Terapêutica

Parâmetro	Valor
Medicamento:	Nitroprussiato de Sódio
Sinal vital:	PAS (não invasiva)
Limite inicial inferior:	210 mmHg
Limite inicial superior:	250 mmHg
Limite final inferior:	120 mmHg
Limite final superior:	180 mmHg
Limite da taxa de variação:	90 mmHg/h
Intervalo de medições:	10 minutos
Tempo de acompanhamento:	90 minutos
Tempo de inibição dos alertas:	30 minutos

Tabela 6: Cenário de uso 2 (meta B) - parametrização da Meta Terapêutica

Parâmetro	Valor
Medicamento:	Nitroprussiato de Sódio
Sinal vital:	PAD (não invasiva)
Limite inicial inferior:	100 mmHg
Limite inicial superior:	130 mmHg
Limite final inferior:	80 mmHg
Limite final superior:	100 mmHg
Limite da taxa de variação:	45 mmHg/h
Intervalo de medições:	10 minutos
Tempo de acompanhamento:	90 minutos
Tempo de inibição dos alertas:	30 minutos

Os parâmetros das Metas Terapêuticas a serem informados ao EXEHDA-TG são apresentados nas tabelas 5 e 6. O Nitroprussiato de Sódio foi receitado com o objetivo de reduzir a PA do paciente. O tempo de acompanhamento do tratamento é de 90 minutos, ao final do qual espera-se que a PAS reduza para um valor entre 120 e 180 mmHg e a PAD fique entre 80 e 100mmHg. A coleta destes sinais vitais e avaliação das Metas Terapêuticas são realizadas a cada dez minutos. Os alertas do EXEHDA-TG são inibidos nos primeiros 30 minutos.

Na figura 51 pode-se visualizar os sinais vitais da paciente FBS sendo coletados pelo monitor, os parâmetros de programação e o *status* de administração do medicamento Nitroprussiato de Sódio na bomba de infusão.

Tendo como base os parâmetros das Metas Terapêuticas, a evolução da PAS e PAD são avaliadas pela arquitetura a cada coleta dos sinais vitais. Na tabela 7 são apresentados os valores da PA da paciente FBC, cuja variação é decorrente do tratamento medicamentoso.

Tabela 7: Cenário de uso 2 - evolução dos sinais vitais

Sinal	Tempo (hh:mm)									
	8:20	8:30	8:40	8:50	9:00	9:10	9:20	9:30	9:40	9:50
PAS (mmHg)	240	235	220	200	196	192	190	185	182	178
PAD (mmHg)	120	120	118	110	110	104	100	100	98	98

As figuras 52 e 53 apresentam, respectivamente, a variação da PAS e PAD de forma gráfica. Como pode-se observar, apesar de estarem próximas dos limites

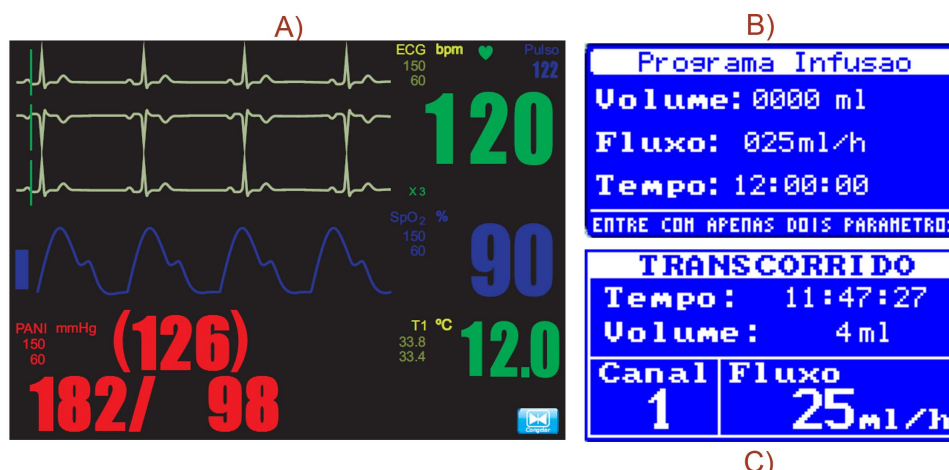


Figura 51: Cenário de uso 2: A) Parâmetros fisiológicos da paciente FBS sendo coletados pelo monitor de sinais vitais. B) Parâmetros de programação da bomba de infusão. C) Tela da bomba de infusão apresentando o *status* da administração do medicamento Nitroprussiato de Sódio

superiores, as pressões do paciente evoluíram dentro das regiões especificadas pelas Metas Terapêuticas, confirmando que a medicação dada ao paciente gerou o resultado esperado pelo médico. Portanto, às 9 horas 50 minutos o médico responsável pela prescrição do tratamento medicamentoso receberá alertas por e-mail e mensagem SMS informando que ambas Metas Terapêuticas foram atingidas.

5.3.3 Cenário de uso 3: bloqueio atrioventricular total com bradicardia

O paciente PSS, masculino, 40 anos, com quadro de bloqueio atrioventricular total com bradicardia⁷ foi admitido na UTI com frequência cardíaca de 40 BPM. A PA era de 90/60 (PAS/PAD). Neste cenário se deseja acompanhar a evolução de três sinais vitais (FC, PAS e PAD), desta forma serão especificadas três Metas Terapêuticas.

Medicação prescrita:

- Atropina 0,5mg - 1 ampola IV (repetir a dose em 10 minutos);
- Dopamina em bomba de infusão 20ml/h em 12h.

Considerando a medicação prescrita para o tratamento do paciente, nas tabelas 8, 9, e 10 são apresentados os parâmetros das Meta Terapêuticas especificados pelo médico e informados ao EXEHDA-TG. A Dopamina foi receitada com o objetivo de aumentar a FC e PA do paciente. O tempo de acompanhamento do tratamento é de 90 minutos, ao final do qual espera-se que a FC aumente para um valor entre 60 e 100 BPM, a PAS aumente para um valor entre 90 e 140 mmHg e a PAD fique entre

⁷Bradicardia <<http://www.medtronicbrasil.com.br/your-health/bradycardia/>>)



Figura 52: Cenário de uso 2 - evolução da PAS e limites da Meta Terapêutica

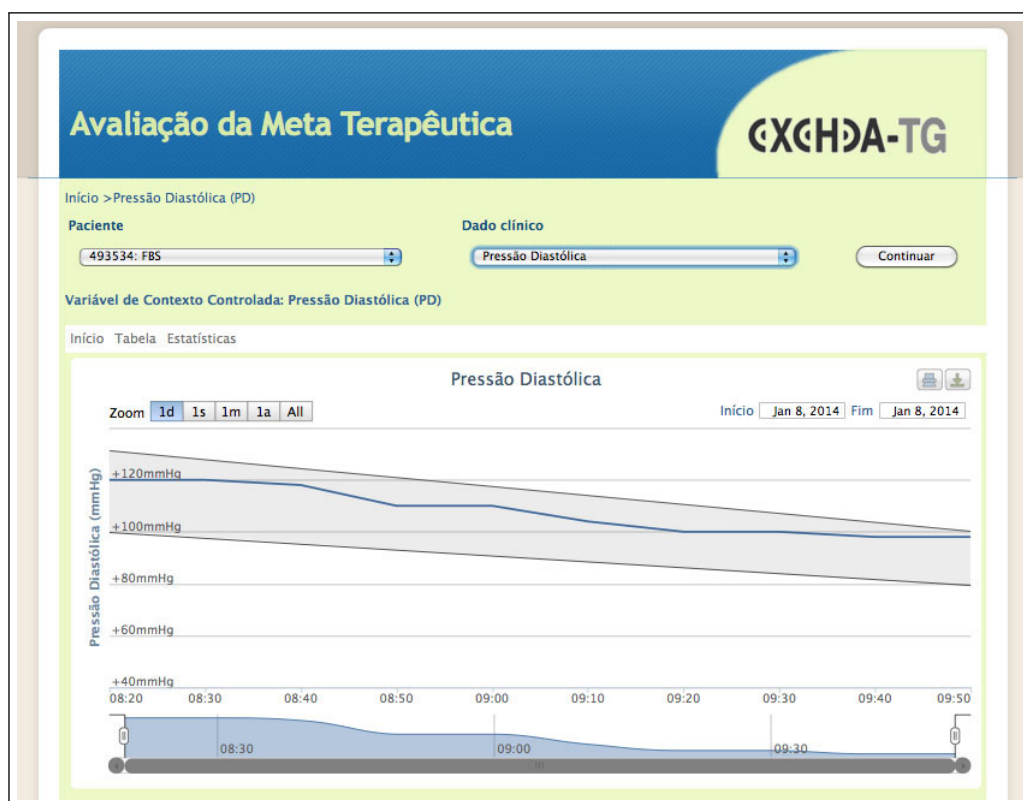


Figura 53: Cenário de uso 2 - evolução da PAD e limites da Meta Terapêutica

Tabela 8: Cenário de uso 3 (meta A) - parametrização da Meta Terapêutica

Parâmetro	Valor
Medicamento:	Dopamina
Sinal vital:	FC
Limite inicial inferior:	30 BPM
Limite inicial superior:	60 BPM
Limite final inferior:	60 BPM
Limite final superior:	100 BPM
Limite da taxa de variação:	60 BPM/h
Intervalo de medições:	10 minutos
Tempo de acompanhamento:	90 minutos
Tempo de inibição dos alertas:	30 minutos

Tabela 9: Cenário de uso 3 (meta B) - parametrização da Meta Terapêutica

Parâmetro	Valor
Medicamento:	Dopamina
Sinal vital:	PAS (não invasiva)
Limite inicial inferior:	80 mmHg
Limite inicial superior:	110 mmHg
Limite final inferior:	90 mmHg
Limite final superior:	140 mmHg
Limite da taxa de variação:	90 mmHg/h
Intervalo de medições:	10 minutos
Tempo de acompanhamento:	90 minutos
Tempo de inibição dos alertas:	30 minutos

60 e 90mmHg. A coleta destes sinais vitais e avaliação das Metas Terapêuticas são realizadas a cada dez minutos. Também, neste cenário, os alertas do EXEHDA-TG são inibidos nos primeiros 30 minutos.

Na figura 54 pode-se visualizar os sinais vitais do paciente PSS sendo coletados pelo monitor, os parâmetros de programação e o *status* de administração do medicamento Dopamina na bomba de infusão.

Tendo como base os parâmetros das Metas Terapêuticas, a evolução da FC, PAS e PAD são avaliadas pela arquitetura a cada coleta dos sinais vitais. Na tabela 11 são apresentados os valores da FC e PA do paciente PSS, cuja variação é decorrente do tratamento medicamentoso.

As figuras 55, 56 e 57 apresentam, respectivamente, a variação da FC, PAS e PAD de forma gráfica. Como pode-se observar, apesar da PAS e PAD estarem

Tabela 10: Cenário de uso 3 (meta C) - parametrização da Meta Terapêutica

Parâmetro	Valor
Medicamento:	Dopamina
Sinal vital:	PAD (não invasiva)
Limite inicial inferior:	50 mmHg
Limite inicial superior:	85 mmHg
Limite final inferior:	60 mmHg
Limite final superior:	90 mmHg
Limite da taxa de variação:	45 mmHg/h
Intervalo de medições:	10 minutos
Tempo de acompanhamento:	90 minutos
Tempo de inibição dos alertas:	30 minutos

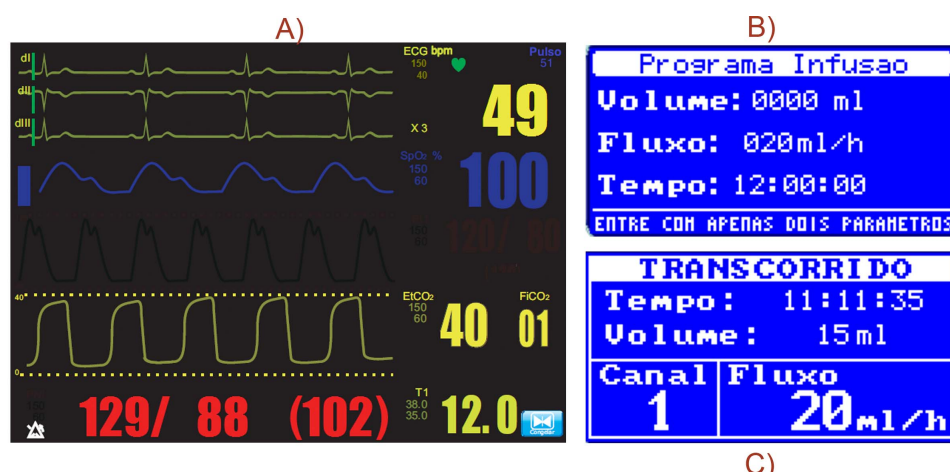


Figura 54: Cenário de uso 3: A) Parâmetros fisiológicos do paciente PSS sendo coletados pelo monitor de sinais vitais. B) Parâmetros de programação da bomba de infusão. C) Tela da bomba de infusão apresentando o *status* da administração do medicamento Dopamina

Tabela 11: Cenário de uso 3 - evolução dos sinais vitais

Sinal	Tempo (hh:mm)									
	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50	15:00	15:10	15:20	15:30
FC (BPM)	40	42	44	45	46	46	48	49	49	51
PAS (mmHg)	90	91	100	110	115	118	120	125	129	130
PAD (mmHg)	60	62	75	80	80	82	85	88	88	90

dentro dos limites esperados, a FC não evoluiu conforme a especificação da Meta Terapêutica. Desta forma pode-se concluir que a medicação dada ao paciente não gerou o resultado esperado pelo médico. Portanto, às 14 horas e 45 minutos, no momento que a FC atinge um valor fora da faixa esperada, o EXEHDA-TG envia alertas por e-mail e mensagem SMS para o médico responsável pela prescrição do tratamento medicamentoso, informando que uma das Metas Terapêuticas não foi atingida. Um exemplo deste alerta pode ser visto nas figuras 42 e 43.

Portanto, através do recebimento destes alertas, o médico é informado que a prescrição dos medicamentos precisa ser ajustada ou se faz necessário administrar um novo fármaco para que o tratamento tenha a resposta desejada. Este pronto aviso da equipe médica que a Meta Terapêutica não foi atingida, constitui uma das contribuições centrais do EXEHDA-TG para agilização das práticas relacionadas ao tratamento de pacientes.

5.4 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo descreveu os recursos utilizados pelo EXEHDA-TG e as funcionalidades disponibilizadas aos profissionais de saúde. Também foram apresentados cenários de uso com a finalidade de avaliar o EXEHDA-TG.



Figura 55: Cenário de uso 3 - evolução da FC e limites da Meta Terapêutica



Figura 56: Cenário de uso 3 - evolução da PAS e limites da Meta Terapêutica



Figura 57: Cenário de uso 3 - evolução da PAD e limites da Meta Terapêutica

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo estão resumidas as principais conclusões do trabalho de pesquisa desenvolvido ao longo da concepção e avaliação do EXEHDA-TG. São apresentados também os trabalhos futuros previstos e as publicações realizadas junto ao grupo de pesquisa.

6.1 Principais conclusões

Espera-se para os próximos anos um aumento na dificuldade em prover serviços de saúde à população mundial ocasionada por diversos fatores, dentre estes seu envelhecimento médio, o aumento de doenças crônicas relacionados ao atual estilo de vida das pessoas, a redução do percentual de profissionais de saúde frente ao aumento da população, e, por fim, uma demanda crescente por novos tratamentos médicos e tecnologias.

Tendo este cenário como motivação, a revisão de literatura em medicina ubíqua aponta para um crescimento significativo das pesquisas na área nos últimos anos. Também é possível observar na literatura que o emprego da ubicomp se potencializa nesta área quando são contempladas suas premissas nas diferentes fases envolvidas: coleta de sinais vitais, seu processamento e alertas médicos.

Um importante desafio na prestação de serviços de saúde dentro do ambiente hospitalar é o monitoramento do processo de tratamento do paciente, em termos da resposta à medicação. A administração de medicamentos é um processo dinâmico, o qual precisa de personalização e ajustes constantes.

A consciência de situação é uma forma promissora de resolver as limitações relacionadas aos modelos usuais de monitoramento e alerta, e que pode auxiliar a desenvolver aplicações mais robustas e capazes de melhor atenderem às necessidades dos usuários dentro do ambiente hospitalar.

Nesta perspectiva, a concepção de uma arquitetura para o acompanhamento dos sinais vitais em função da medicação, se mostra uma ferramenta oportuna para avaliar a resposta do paciente ao tratamento.

A arquitetura desenvolvida automatiza a aquisição e viabiliza a avaliação dos sinais vitais baseado no conhecimento de médicos, enquanto especialistas. O objetivo da arquitetura de software desenvolvida é prover suporte computacional ao acompanhamento do processo de medicação dentro do ambiente hospitalar. Para isto o EXEHDA-TG automatiza o acompanhamento dos sinais vitais em função da medicação, com a intenção de apoiar os médicos na avaliação à resposta do paciente ao tratamento corrente.

O que já foi explorado do EXEHDA-TG vem mostrando resultados promissores.

6.2 Trabalhos futuros

Nesta seção foram levantadas alguns aspectos que poderiam ser agregados ao EXEHDA-TG, expandindo a arquitetura para prover suporte computacional na implementação de boas práticas com o objetivo de reduzir a ocorrência de erros de medicação, garantindo maior segurança e prevenindo danos ao paciente. Para isto precisa-se implementar serviços que introduzam verificações em diversas fases do processo de medicação com o objetivo de identificar falhas antes que elas cheguem ao paciente. Estas verificações automatizariam alguns processos necessários para garantir os *Nine Rights* da terapia medicamentosa. A seguir estão listadas algumas propostas que poderiam ser agregadas à arquitetura do EXEHDA-TG com o objetivo de atender aos outros direitos. Essas propostas foram organizadas de acordo com as boas práticas sugeridas pela literatura pesquisada (ELLIOTT; LIU, 2010; CASSIANI; GIMENES; MONZANI, 2009; MELLO, 2012), e sua contribuição é destacar procedimentos e tecnologias a serem investigados:

- paciente correto: garantir que o medicamento será administrado ao paciente para o qual ele foi prescrito. Uma forma seria desenvolver uma aplicação para *smartphone* que realizasse a leitura do código de barras do formulário de prescrição do medicamento, conferindo com o número do prontuário do paciente localizado em um código de barras em sua pulseira. Desta forma seria possível identificar a tentativa de administrar um medicamento ao paciente errado;
- medicamento correto: garantir o correto medicamento a ser administrado. Para evitar este tipo de erro pode-se implementar uma funcionalidade que, por meio de um *smartphone*, o profissional de saúde fizesse esta conferência através da leitura do código de barras do formulário de prescrição do medicamento e do código de barras da embalagem do medicamento. Através deste recurso também pode-se conferir no prontuário eletrônico do paciente se o mesmo possui alergia a algum dos princípios ativos do medicamento.
- via correta: garantir que o medicamento será aplicado no acesso correto. Os

equipos possuem modelos específicos para cada tipo de via de administração, parenteral ou enteral. Como a via de administração deve constar na prescrição, para fazer esta verificação pode-se conferir o código de barras da embalagem do equipo com o código de barras do formulário de prescrição do medicamento.

- momento correto: garantir que o momento de administrar o medicamento está correto. Para garantir este direito deve-se realizar duas verificações: (i) se o medicamento está sendo administrado dentro da tolerância de 30 minutos em relação a prescrição médica, e; (ii) se a taxa de oferta (fluxo) programado na bomba de infusão está de acordo com a prescrição. Para implementar este direito pode-se criar uma funcionalidade que permitisse que o profissional de saúde escolhesse através do *smartphone* somente as prescrições dentro dos 30 minutos de tolerância. Dessa forma pode-se evitar a administração de um medicamento fora da tolerância de tempo. Como complemento desta funcionalidade, a arquitetura poderia enviar lembretes, em forma de alertas para o *smartphone*, quando se aproximasse o horário de administrar um medicamento. Para evitar erros de programação do fluxo na bomba de infusão, assim como nos demais parâmetros (volume e tempo de infusão), pode-se implementar uma funcionalidade que parametrizasse a bomba automaticamente em função da prescrição do médico.
- dose correta: garantir que a quantidade de medicamento está correta. Para reduzir o erro de dosagem, precisa-se garantir que o valor de dose e sua unidade estejam corretos. Da mesma forma que no item anterior, a parametrização automática da bomba de infusão, em função da prescrição do médico, reduziria a ocorrência desses erros. Como complemento, a arquitetura poderia verificar se a dosagem de medicamento prescrita pelo médico está dentro da faixa terapêutica indicada pelo fabricante do medicamento. Esta última verificação é feita levando em consideração a recomendação do fabricante do medicamento em função do peso e idade do paciente.
- registro correto: garantir que a administração do medicamento tenha sido corretamente registrada. A funcionalidade a ser implementada para garantir o direito ao “momento correto”, onde o profissional de saúde escolheria a prescrição do medicamento que deseja administrar para o paciente, poderia ser complementada com o registro automático de quando a prescrição foi administrada. Desta forma este direito também seria atendido.
- motivo correto: garantir que o medicamento será administrado pelo motivo correto. Para garantir este direito, o *smartphone* poderia apresentar ao profissional que está administrando o medicamento, o motivo pelo qual ele foi

prescrito pelo médico. Dessa forma pode-se identificar que o medicamento que está sendo administrado está adequado com as condições de saúde do paciente.

- forma de apresentação correta: garantir que a forma de apresentação correta do medicamento seja administrada. As funcionalidades previstas para o atendimento aos direitos “medicamento correto” e “via correta” também identificariam o uso de formas inadequadas da apresentação do medicamento a ser administrado ao paciente.

Considerando o emprego do EXEHDA-TG enquanto plataforma a ser adotada pela empresa Lifemed no provimento de soluções para os ambientes hospitalares, destacaríamos três questões de fundo que irão acompanhar a continuidade das pesquisas do LUPS associadas ao EXEHDA-TG:

Testes em ambiente real: validação clínica no ambiente hospitalar, analisando o desempenho do EXEHDA-TG em uma situação cotidiana. Desta forma seria possível parametrizar resultados quantitativos e qualitativos da aplicação, tais como: quantidade de médicos, pacientes, enfermeiros envolvidos, quantidade de informações de contextos capturadas, quantidade de inferências, número de alertas gerados pela arquitetura, recepção das mensagens, aceitação pelos profissionais de saúde, entre outras;

Novos mecanismos de inferência: como alternativa à técnica adotada para identificação de situação utilizada nesta dissertação (temporal e espacial), também pode-se destacar a possibilidade de explorar o emprego de regras de processamento contextual que utilizem outros mecanismos de inferência de mais alto nível, ampliando as opções de inferência sobre os dados coletados;

Integração ao EXEHDA: dar continuidade aos procedimentos de integração do EXEHDA-TG com os diferentes serviços e funcionalidades do *middleware* EXEHDA.

6.3 Publicações

No desenvolvimento dos trabalhos desta Dissertação de Mestrado foram efetuadas algumas publicações relacionadas a mesma. Algumas publicações tratam da concepção do EXEHDA-TG e da seleção das tecnologias envolvidas no mesmo, outras contemplam a projeção do EXEHDA-TG nos estudos e pesquisas do LUPS na área de computação ubíqua.

- SOUZA, A. R. R.; MESQUITTA, F. C. C.; KRAUSE, G. K.; YAMIN, Adenauer Correa. Qualificação das Metas Terapêuticas: uma abordagem ubíqua

consciente de situação. In: Salão Universitário UCPel, 2013, Pelotas. 12a Mostra de Pós-Graduação, 2013.

- SOUZA, A. R. R.; MESQUITTA, F. C. C.; KRAUSE, G. K.; YAMIN, Adenauer Correa. EXEHDA-TG - Qualificação das Metas Terapêuticas: Uma Abordagem Ubíqua Consciente de Situação. In: Encontro de Pós- Graduação (ENPOS), 2013, Pelotas. XV Encontro de Pós- Graduação, 2013.
- RODRIGUES, S.; VENECIAN, L.; SOUZA, A. R. R.; LOPES, J. L. B.; YAMIN, Adenauer Correa; GEYER, C. F. R. Uma Proposta Baseada em Processamento Semântico para Consciência do Contexto na Medicina Ubíqua. Revista do CCEI, v. 16, p. 201-216, 2012.
- LOPES, J. L. B.; SOUZA, R.; SOUZA, A. R. R.; DAVET, P.; PERNAS, A. M.; YAMIN, A.; GEYER, C. F. R. Uma Abordagem Autônômica Baseada em Regras para Consciência de Situação na Computação Ubíqua. In: Simpósio em Sistemas Computacionais, 2013, Porto de Galinhas. Uma Abordagem Autônômica Baseada em Regras para Consciência de Situação na Computação Ubíqua. In: Simpósio em Sistemas Computacionais, 2013. v. 1. p. 136-143.
- LOPES, J. L. B.; GUSMAO, M. Z.; SOUZA, R.; DAVET, P.; SOUZA, A. R. R.; COSTA, C.; BARBOSA, J.; PERNAS, A. M.; YAMIN, Adenauer Correa; GEYER, C. F. R. Towards a Distributed Architecture for Context-Aware Mobile Applications in UbiComp. In: Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, 2013, Salvador. Towards a Distributed Architecture for Context-Aware Mobile Applications in UbiComp, 2013. v. 1. p. 1-8.

Um registro dos diferentes trabalhos desenvolvidos ao longo do Mestrado está disponível em <<http://ubiq.inf.ufpel.edu.br/arrsouza/>>.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. F.; FERGUSON, G. Actions and Events in Interval Temporal Logic. **Journal of Logic and Computation**, 1994.
- ANTONY, J.; S, A. K.; MATHEW, A. A Tablet PC based System for Ubiquitous Patient Monitoring and Smart Alert Generation in an Intensive Care Unit. **International Journal of Computer Applications**, 2013.
- Anvisa. **Unidade De Terapia Intensiva**. 1998.
- ARNEY, D.; PAJIC, M.; GOLDMAN, J. M.; LEE, I.; MANGHARAM, R.; SOKOLSKY, O. Toward Patient Safety in Closed-Loop Medical Device Systems. In: CYBER-PHYSICAL SYSTEMS (ICCPS 2010), 2010. **Anais...** 2010.
- AUGUSTO, J. C.; LIU, J.; MCCULLAGH, P.; WANG, H.; YANG, J.-B. Management of Uncertainty and Spatio-Temporal Aspects for Monitoring and Diagnosis in a Smart Home. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, 2008.
- BARDHAM, J. E. Activity-based computing: support for mobility and collaboration in ubiquitous computing. **Personal and Ubiquitous Computing**, 2005.
- BARDHAM, J. E. Activity-Based Computing for Medical Work in Hospitals. **Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)**, 2009.
- BARDHAM, J. E.; CHRISTENSEN, H. B. Pervasive Computing Support for Hospitals: An overview of the Activity-Based Computing Project. **Pervasive Computing, IEEE**, 2007.
- BARDHAM, J. E.; CHRISTENSEN, H. B.; OLSEN, A. K. Activity-Driven Computing Infrastructure—Pervasive Computing in Healthcare. **PERVASIVE computing**, 2002.
- CÁCERES, R.; FRIDAY, A. Ubicomp systems at 20: Progress, opportunities, and Challenges. **PERVASIVE computing**, 2012.
- CAEP. **Eletrocardiograma**. <<http://www.caepcampinas.com.br/e-infra-eleto.asp>>, Acesso em abril de 2014.

CARVALHO, L. C. **Instrumentação Médico-Hospitalar**. : Editora Manole, 2008.

CASSIANI, S. H. d. B.; GIMENES, F. R. E.; MONZANI, A. A. S. **O uso da tecnologia para a segurança do paciente**. : Revista Eletrônica de Enfermagem, 2009.

CHEN, L.; NUGENT, C.; MULVENNA, M.; FINLAY, D.; HONG, X. Semantic Smart Homes: Towards Knowledge Rich Assisted Living Environments. **Intelligent Patient Management**, 2009.

CHOUVARDA, I.; GKONTRA, P.; KOKONOZI, A.; SEMERTZIDIS, P.; CAFFAREL, J.; MAGLAVERAS, N. Novel Approaches for Medication Compliance and Effectiveness Analysis and Support in Cardiovascular Disease Patients. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE EMBS, 33., 2011. **Anais...** 2011.

CLANCY, C. M. Ten Years After To Err Is Human. **American Journal of Medical Quality**, 2009.

CONTEC. **Oxímetro de pulso portátil**. <<http://www.lightinthebox.com>>, Acesso em abril de 2014.

CRITICARE. **Analizador de gases anestésicos**. <<http://www.medicalexpo.es>>, Acesso em abril de 2014.

DINIZ, J. R. B.; TRINTA, F. A. M. Avaliação de um Serviço de Gerenciamento de Sessão para Ambientes de Medicina Ubíqua. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB, 2008. **Anais...** 2008.

ELLIOTT, M.; LIU, Y. The nine rights of medication administration: an overview. **British Journal of Nursing**, 2010.

FERREIRA, G. G. L.; SILVA, F. L. d.; LIBRELOTTO, G. R.; AUGUSTIN, I.; YAMIN, A. C. Introduzindo o Gerenciando de Tarefas Clínicas em um Middleware da Computação Pervasiva. **IX Workshop de Informática Médica**, 2009.

FUHRER, P.; GUINARD, D. Building a Smart Hospital using RFID technologies. In: EUROPEAN CONFERENCE ON EHEALTH (ECEH06), 2006. **Anais...** 2006.

FUTURVIDA. **Equipamento para medição de Pressão Arterial Não Invasiva**. <<http://www.futurvida.com>>, Acesso em abril de 2014.

GANTI, R. K.; JAYACHANDRAN, P.; ABDELZAHER, T. F.; STANKOVIC, J. A. SATIRE: a software architecture for smart AtTIRE. In: MOBISYS '06: PROCEEDINGS OF THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE SYSTEMS, APPLICATIONS AND SERVICES, 2006. **Anais...** 2006.

GAO, T.; GREENSPAN, D.; WELSH, M.; JUANG, R. R.; ALM, A. Vital signs monitoring and patient tracking over a wireless network. In **Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS**, 2005.

GARCIA, E. A. C. **Biofisica**. : Sarvier, 2002.

GUESGEN, H. W.; MARSLAND, S. Spatio-Temporal Reasoning and Context Awareness. In: **Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments**. 2009.

GUNAWARDANE, T. S. F. W.; KOGGALAGE, R.; RODRIGO, R.; RAJAPAKSE, S. Patient Alert and Decision Support System. In: ACTEA 2009: 2009 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN COMPUTATIONAL TOOLS FOR ENGINEERING APPLICATIONS, 2009. **Anais...** 2009.

GUSMÃO, M. Z. Uma Arquitetura de Software direcionada à Consciência de Contexto na UbiComp. , 2013.

HAGHIGHI, P. D.; KRISHNASWAMY, S.; ZASLAVSKY, A.; GABER, M. M. Reasoning About Context in Uncertain Pervasive Computing Environments. In: EUROSSC'08: PROCEEDINGS OF THE 3RD EUROPEAN CONFERENCE ON SMART SENSING AND CONTEXT, 2008. **Anais...** 2008.

HALTEREN, A. van; BULTS, R.; WAC, K.; DOKOVSKY, N.; KOPRINKOV, G.; WIDYA, I.; KONSTANTAS, D.; JONES, V. MobiHealth: ambulant patient monitoring. **Wearable eHealth Systems for Personalised Health Management**, 2004.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining : Concepts and Techniques**. : Morgan Kaufmann Publishers, 2006.

HEGER, D. A. An Introduction to Artificial Neural Networks (ANN) - Methods, Abstraction, and Usage. , 2012.

HOFFMAN, J. C.; MURPHY, R. R. Comparison of Bayesian and Dempster-Shafer Theory for Sensing: A Practitioner's Approach. In: SPIE PROCEEDINGS ON NEURAL AND STOCHASTIC METHODS IN IMAGE AND SIGNAL PROCESSING II, 1993. **Anais...** 1993.

IEC. IEC 60601-2-24 - Medical electrical equipment – Part 2-24: Particular requirements for the basic safety and essential performance of infusion pumps and controllers. , 2012.

IMPINJ. **Portal de leitura de etiquetas RFID**. <<http://www.impinj.com/>>, Acesso em abril de 2014.

JACCOTTET, D. P. EXEHDA-AD: Acesso Móvel ao Serviço de Consciência do Contexto do EXEHDA. **Projeto de Graduação (Curso de Ciência da Computação - Universidade Católica de Pelotas)**, 2013.

JEONG, Y.-S.; SONG, E.-H.; CHAE, G.-B.; HONG, M.; PARK, D.-S. Large-Scale Middleware for Ubiquitous Sensor Networks. **IEEE Intelligent Systems**, 2010.

JONES, V.; HALTEREN, A. van; BULTS, R.; KONSTANTAS, D.; WIDYA, I.; HERZOG, R. MobiHealth: Mobile Healthcare. , 2003.

JONES, V.; HALTEREN, A. van; WIDYA, I.; KOPRINKOV, G.; BULTS, R.; KONSTANTAS, D.; HERZOG, R. Mobihealth: Mobile health services based on body area networks. , 2006.

KNAPPMAYER, M.; KIANI, S. L.; REETZ, E. S.; BAKER, N.; TONJES, R. Survey of Context Provisioning Middleware. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, 2013.

KONSTANTAS, D.; HERZOG, R. Continuous monitoring of vital constants for mobile users: the MobiHealth approach. **25' Annual International Conference of the IEEE EMBS**, 2003.

KOUTKIAS, V. G.; CHOUVARDA, I.; TRIANTAFYLLIDIS, A.; MALOUSHI, A.; GIAGLIS, G. D.; MAGLAVERAS, N. A Personalized Framework for Medication Treatment Management in Chronic Care. **IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine**, 2010.

KROTH, M. L.; AUGUSTIN, I. Comparativo entre Projetos de Infraestrutura Computacional Pervasiva para Ambientes Clínicos. **IX Simpósio de Informática da Região Centro/RS**, 2010.

KUMAR, M. L.; HARIKUMAR, R.; VASAN, A. K.; SUDHAMAN, V. K. Fuzzy Controller for Automatic Drug Infusion in Cardiac Patients. In: INTERNATIONAL MULTICONFERENCE OF ENGINEERS AND COMPUTER SCIENTISTS - IMECS 2009, 2009. **Anais...** 2009.

KUMAR, S.; NILSEN, W.; PAVEL, M.; SRIVASTAVA, M. Mobile Health: Revolutionizing Healthcare Through Trans-disciplinary Research. **IEEE Computer Society**, 2013.

LEE, J.; SCOTT, D. J.; VILLARROEL, M.; CLIFFORD, G. D.; SAEED, M.; MARK, R. G. Open-Access MIMIC-II Database for Intensive Care Research. **33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS**, 2011.

LEITE, C. R. M. Arquitetura Inteligente Fuzzy para Monitoramento de Sinais Vitais de Pacientes: Um Estudo de Caso em UTI. **Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação - Universidade Federal do Rio Grande do Norte)**, 2011.

LEITE, C. R.; SIZILIO, G. R.; NETO, A. D.; VALENTIM, R. A.; GUERREIRO, A. M. A fuzzy model for processing and monitoring vital signs in ICU patients. **BioMedical Engineering OnLine**, 2011.

LIFEMED. **Bomba de infusão LFSmart**. <<http://www.lifemed.com.br>>, Acesso em abril de 2014.

LIFEMED. **Monitor de sinais vitais Lifetouch.10**. <<http://www.lifemed.com.br>>, Acesso em abril de 2014.

LOKE, S. W. Incremental awareness and compositionality: A design philosophy for context-aware pervasive systems. **Pervasive and Mobile Computing**, 2010.

LOPES, J.; SOUZA, R.; GEYER, C.; COSTA, C.; BARBOSA, J.; GUSMÃO, M.; YAMIN, A. A Model for Context Awareness in Ubicomp. **WebMedia'12**, 2012.

LORINCZ, K.; MALAN, D. J.; FULFORD-JONES, T. R. F.; NAWOJ, A.; CLAVEL, A.; SHNAYDER, V.; MAINLAND, G.; WELSH, M.; MOULTON, S. Sensor networks for emergency response: Challenges and opportunities. **PERVASIVE computing**, 2004.

MACHADO, A.; AUGUSTIN, I. Associando Contexto às Tarefas Clínicas na Arquitetura ClinicSpace. **VII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**, 2011.

MAGAZINE, E.; TECHNOLOGY. Healthcare to go: the MobiHealth system. **E&T Engineering and Technology Magazine**, 2009.

MALAN, D.; FULFORD-JONES, T.; WELSH, M. Codeblue: An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON WEARABLE AND IMPLANTABLE BODY SENSOR NETWORKS, 2004. **Anais...** 2004.

MELLO, A. P. de. Boas Práticas na Administração de Medicamentos. **VI Simpósio Internacional de Enfermagem**, 2012.

MOBIHEALTH. **Sensores e interface de usuário do MobiHealth**. <<http://www.mobihealth.com>>, Acesso em abril de 2014.

MORAES, J. L. C. d.; SOUZA, W. L. d.; PRADO, A. F. d. Ambiente de Computação Ubíqua para o Cuidado de Saúde Pervasiva (ACUCSP). **SEMISH - XXXVI Seminário Integrado de Software e Hardware**, 2009.

MORAN, S.; NAKATA, K. A User-Centred Framework for Modelling the Behavioural Effects of Ubiquitous Monitoring. In: THE 8TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOCIAL INTELLIGENCE DESIGN (SID2009), 2009. **Anais...** 2009.

NAYAK, A.; STOJMENOVIC, I. **Wireless Sensor and Actuator Networks: Algorithms and Protocols for Scalable Coordination and Data Communication**. : A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 2010.

NEAPOLITAN, R. E. **Learning Bayesian Networks**. : Prentice Hall, 2003.

NG, J. W. P.; LO, B. P. L.; WELLS, O.; SLOMAN, M.; PETERS, N.; DARZI, A.; TOUMAZOU, C. Ubiquitous monitoring environment for wearable and implantable sensors (UbiMon). In: UBICOMP'04 - THE SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON UBIQUITOUS COMPUTING, 2004. **Anais...** 2004.

PABLOS, A. S. Resultados Negativos Asociados Con Medicamentos Como Causa De Ingreso Hospitalario. **Tesis Doctoral (Facultad de Farmacia - Universidad de Granada)**, 2008.

PERNAS, A. M. **Sensibilidade à Situação em Sistemas Educacionais na Web**. 2012. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande Do Sul - Programa de Pós-Graduação em Computação.

PIZARRO, P. J. C. MonitorIP – Monitoramento de sinais vitais através de uma rede IP. **Dissertação de mestrado (Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina)**, 2003.

RANDELL, D. A.; CUI, Z.; COHN, A. G. A Spatial Logic based on Regions and Connection. **3rd Int. Conf. on Knowledge Representation and Reasoning**, 1992.

RASPBERRYPI. **Raspberry Pi modelo B**. <<http://www.raspberrypi.org/>>, Acesso em abril de 2014.

REITER, H.; MAGLAVERAS, N. HeartCycle: Compliance and Effectiveness in HF and CAD Closed-Loop Management. **31st Annual International Conference of the IEEE EMBS**, 2009.

RETAIL. **Pulseira com etiqueta RFID**. <<http://www.retailtechnologyreview.com/>>, Acesso em abril de 2014.

RODRIGUES, S. L. uMED - Uma Arquitetura para Desenvolvimento de Software Direcionada a Medicina Ubíqua. , 2011.

SAMSUNG. **Samsung GT-S5830B**. <<http://www.samsung.com.br>>, Acesso em abril de 2014.

SCOTT, D. J.; LEE, J.; SILVA, I.; PARK, S.; MOODY, G. B.; CELI, L. A.; MARK, R. G. Accessing the public MIMIC-II intensive care relational database for clinical research. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, 2013.

SHNAYDER, V.; CHEN, B.-r.; LORINCZ, K.; FULFORD-JONES, T. R. F. Sensor networks for medical care. , 2005.

SILVA, F. L. d. ClinicSpace: modelagem de uma ferramenta-piloto para definição de tarefas clínicas em um ambiente de computação pervasiva baseado em tarefas e direcionado ao usuário. **Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal de Santa Maria)**, 2009.

SILVEIRA, C. S. Uma proposta de tecnologia embarcada na internação domiciliar. **Dissertação de mestrado (Programa de Pós-graduação em Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia)**, 2007.

SILVEIRA ESPINDOLA, L. da. Um Estudo sobre Modelos Ocultos de Markov (HMM - Hidden Markov Model). , 2009.

SILVEIRA NANTES BUTTON, V. L. da. Dispositivos de infusão. , 2008.

VAN LAERHOVEN, K.; LO, B. P. L.; NG, J. W. P.; THIEMJARUS, S.; KING, R.; KWAN, S.; GELLERSEN, H.-W.; SLOMAN, M.; WELLS, O.; NEEDHAM, P.; PETERS, N.; DARZI, A.; TOUMAZOU, C. Medical healthcare monitoring with wearable and implantable sensors. , 2004.

VENECIAN, L. R. Um Mecanismo de Sensibilidade ao Contexto com Suporte Semântico para Computação Ubíqua. **Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Informática - Universidade Católica de Pelotas)**, 2010.

WAC, K.; BULTS, R.; BEIJNUM, B. van; WIDYA, I.; JONES, V.; KONSTANTAS, D.; VOLLENBROEK-HUTTEN, M. Mobile Patient Monitoring: The MobiHealth System. In: ANNUAL INTERNATIONAL IEEE EMBS CONFERENCE, 31., 2009. **Anais...** 2009.

WARKEN, N. Uma Proposta de Controle da Adaptação Dinâmica ao Contexto na Computação Ubíqua. **Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Informática - Universidade Católica de Pelotas)**, 2010.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, 1991.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **PERVASIVE computing**, 2001.

WOOD, A.; STANKOVIC, J.; VIRONE, G.; SELAVO, L.; HE, Z.; CAO, Q.; DOAN, T. Context-Aware Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring. **Network, IEEE**, 2008.

WOOD, A.; VIRONE, G.; DOAN, T.; CAO, Q.; SELAVO, L.; WU, Y.; FANG, L.; HE, Z.; LIN, S.; STANKOVIC, J. ALARM-NET: Wireless sensor networks for assisted-living and residential monitoring. **Technical Report CS-2006-13, Department of Computer Science, University of Virginia. Wireless Sensor Network Research Group**, 2006.

YAMIN, A. C. **Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional direcionado às Aplicações Distribuídas, Móveis e Conscientes do Contexto da Computação Pervasiva**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

YE, J.; DOBSON, S.; MCKEEVER, S. Situation identification techniques in pervasive computing: A review. **Pervasive and Mobile Computing**, 2012.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, 1965.

APÊNDICE A AQUISIÇÃO DE SINAIS VITAIS

Considerando o objetivo do EXEHDA-TG de avaliar a resposta do paciente ao tratamento em função da medicação, gerando alertas e automatizando o acompanhamento da evolução dos sinais vitais, fez-se necessário para seu desenvolvimento realizar um estudo sobre os conceitos, tecnologias e projetos para aquisição de sinais vitais. Um resumo deste estudo será apresentado nesta seção, onde também será feita a caracterização dos sinais fisiológicos empregados.

A.1 Tipos de sinais vitais

Nesta seção serão caracterizados os sinais fisiológicos usualmente monitorados pelas aplicações voltadas à medicina ubíqua.

Oximetria de pulso

A oximetria de pulso (SpO₂) realiza de forma rápida, precisa e prática a medição da porcentagem de hemoglobina saturada com oxigênio no sangue (PIZARRO, 2003). Este é um método não invasivo que permite obter de forma instantânea o estado de oxigenação arterial do paciente. O monitoramento deste parâmetro pode ser feito de forma contínua, trazendo assim maior segurança aos processos de administração de oxigênio ao paciente. A análise de SpO₂ é feita principalmente em pacientes com obstrução pulmonar crônica e doenças respiratórias, através da qual pode-se avaliar os sistemas cardíaco e respiratório.

O sensor possui um formato semelhante a um prendedor de roupas e normalmente é instalado na ponta de um dos dedos das mãos do paciente, as quais são regiões ricas em vasos sanguíneos. Também é possível colocá-lo nos dedos dos pés, nariz e no lóbulo da orelha.

O fato de nosso sangue possuir uma cor mais ou menos vermelha indica uma maior ou menor taxa de oxigenação. A medição é feita através de um fotodetector, que é um dispositivo semicondutor aprimorado para absolver fótons, combinando os princípios da pletismografia e espectrofotometria. São gerados dois sinais com comprimentos de

onda diferentes (luzes vermelha e infravermelha), os quais atravessam a região repleta de vasos sanguíneos. Parte do sinal irradiado será absorvido pelo sangue arterial, sendo que os sinais resultantes são então medidos pelo fotodetector. O resultado da oxigenação arterial do paciente é obtido pela diferença da absorção de luz, que varia conforme a existência de hemoglobina oxigenada ou desoxigenada (SILVEIRA, 2007). Através deste método também é possível medir a frequência cardíaca do paciente.

Geralmente os equipamentos usados para fazer esta medição, chamados de oxímetros de pulso, são pequenos e portáteis.



Figura 58: Oxímetro de pulso portátil (Fonte: (CONTEC, 2014))

Eletrocardiograma

O eletrocardiograma (ECG) é uma importante ferramenta para monitoramento do funcionamento do coração, capaz de fazer o registro da atividade elétrica relacionada à ação do músculo cardíaco. A atividade mecânica gerada pelo coração produz um sinal elétrico que é captado através de eletrodos colocados na pele do paciente. Este sinal elétrico possui amplitude entre 50uV e 5mV e frequência entre 0,1 a 100Hz (PIZARRO, 2003).

Depois da captura, o sinal é então filtrado e processado para a geração de gráficos e valores numéricos, os quais podem ser avaliados por um profissional de saúde qualificado para realizar a sua análise e uma correta interpretação.

A avaliação de ECG é usada para diagnosticar doenças e arritmias relativas a problemas no funcionamento do coração, tais como taquicardia, bradicardia, infartos do miocárdio, entre outras. O exame também é usado para avaliar o funcionamento do músculo cardíaco através de exames de esforço físico (PIZARRO, 2003).

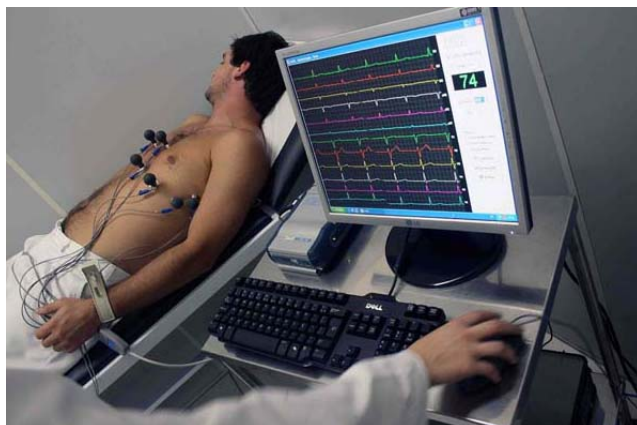


Figura 59: Eletrocardiograma (Fonte: (CAEP, 2014))

Frequência Cardíaca

Este parâmetro indica o número de batimentos cardíacos por unidade de tempo e é usualmente expresso em batimentos por minuto (BPM), podendo ser medido através do oxímetro de pulso, ECG (eletrocardiograma) ou através da PANI (Pressão Arterial Não Invasiva). A Frequência Cardíaca (FC) é usada para auxiliar no diagnóstico e acompanhamento das condições clínicas de pacientes.

A faixa de frequência cardíaca de adultos em repouso considerada normal é de 60 a 100 BPM, sendo que os valores abaixo são considerados como bradicardia e os acima como taquicardia (GARCIA, 2002). Os monitores multiparamétricos possuem alarmes visuais e sonoros de baixa e alta frequência cardíaca.

Também é possível medir manualmente a FC em partes do corpo onde pode-se sentir a pulsação arterial, tais como peito, pescoço e pulso. Para isto basta pressionar o peito com a palma da mão e o pescoço (artéria carótida, localizada pouco abaixo da mandíbula) ou pulso com os dedos indicador e médio, contando o número de batimentos em um minuto.

Temperatura corporal

A temperatura¹ em seres humanos é quase sempre constante, mesmo quando estamos submetidos ao calor ou frio, graças a nosso aparelho termoregulador. Quando há um problema que gere uma deficiência nesta regulação térmica, ocorre hipertermia (quando o corpo produz ou absorve mais calor do que pode dissipar), hipotermia (queda da temperatura) e febre (aumento da temperatura corporal acima do ponto de regulação). A produção de calor em nosso organismo é feita através da alimentação, fígado e músculos. Já a perda calórica acontece pelo sangue através da transmissão do calor para a superfície do corpo através da radiação, evaporação, convecção e condução.

¹ Temperatura corporal <<http://www.infoescola.com/fisiologia/temperatura-corporal/>>

A temperatura é medida em partes do corpo que possuam uma grande irrigação sanguínea, tais como boca, axila, ânus e esôfago. Para medir esta grandeza pode-se usar um termistor, o qual é um componente eletrônico que gera uma tensão elétrica proporcional à temperatura.

Gases respiratórios

Através de um analisador de gases pode-se medir a concentração de oxigênio, gás carbônico, agentes anestésicos e óxido nitroso na mistura inspirada e expirada pelos pacientes (PIZARRO, 2003). Esta avaliação também é chamada de capnografia (CO₂). Para fazer esta análise, uma pequena amostra de gás é coletada do sistema respiratório do paciente através de um tubo. No equipamento esta amostra passa por algumas etapas, onde é avaliada por diferentes métodos para a detecção e medição da quantidade existente de cada um destes tipos de gases.



Figura 60: Analisador de gases anestésicos (Fonte: (CRITICARE, 2014))

Respiração

A respiração (RESP), apnéia por impedância ou frequência respiratória (FR)², é o monitoramento do número de vezes por minuto que nosso organismo realiza ciclos de inspiração e expiração. Apesar destes ciclos respiratórios serem involuntários, pode-se alterar sua frequência por vontade própria até certo ponto. O sistema nervoso de uma pessoa adulta estimula a ventilação pulmonar em uma frequência de 12 a 15 ciclos por minuto. Ao realizarmos exercícios físicos ou quando ocorre a redução da concentração de oxigênio no sangue, nosso sistema nervoso aumenta a FR para captar mais gás.

A FR é medida através do sinal da curva de capnografia, que é uma técnica usada para obter informações sobre os padrões de respiração, produção e eliminação de

²Frequência respiratória <<https://sites.google.com/site/educopediaedfisica/seguranca-no-esporte/frequencia-respiratoria>>

dióxido de carbono (CO₂) do sistema respiratório, perfusão pulmonar e ventilação alveolar.

Pressão arterial Não Invasiva

A medição da Pressão arterial Não Invasiva (PNI)³ é realizada de modo indireto através do método oscilométrico (PIZARRO, 2003). Para isto uma bolsa inflável (manguito) é instalada no braço do paciente e a pressão sanguínea é medida através da variação de pressão no interior da mesma. O manguito passa a ser inflado até bloquear o fluxo de sangue na artéria braquial do braço. A bolsa passa então a ser esvaziada, fazendo com que a oscilação de pressão aumente até atingir um valor máximo, quando então começa a diminuir.

A pressão sistólica (ponto mais alto da pressão nas artérias) é o valor medido dentro da bolsa quando a oscilação começa a ser perceptível. A pressão diastólica (ponto mais baixo da pressão nas artérias, que é a pressão que está sempre presente sobre as paredes arteriais) é o valor medido quando a oscilação deixa de ser perceptível.

A medição de pressão no interior do manguito pode ser feita através de transdutores de pressão (em um equipamento digital) ou por um manômetro (em um equipamento convencional - esfigmomanômetro).



Figura 61: Equipamento para medição de Pressão Arterial Não Invasiva (Fonte: (FUTURVIDA, 2014))

Pressão arterial Invasiva

Através da medição da Pressão arterial Invasiva (PI) é possível obter valores confiáveis, diretos e contínuos, tornando possível detectar precocemente complicações no estado do paciente.

A medida é feita por um transdutor de pressão e um cateter inserido no sistema circulatório do paciente (PIZARRO, 2003). O cateter é preenchido com um fluido

³Medição da pressão arterial <<http://www.eerp.usp.br/ope/manual.htm>>

fisiológico que transmite a pressão do ponto de medição até o sensor. O transdutor de pressão deve possuir rápido tempo de resposta e alta sensibilidade.

A.2 Projetos para aquisição de sinais vitais

Nesta seção são apresentados alguns trabalhos para aquisição de sinais vitais.

A.2.1 CodeBlue

Codeblue (MALAN; FULFORD-JONES; WELSH, 2004; LORINCZ et al., 2004; SHNAYDER et al., 2005; GAO et al., 2005) é um projeto da Universidade de Harvard com foco no desenvolvimento de infraestrutura de rede para sensores sem fio em aplicações médicas. O sistema possui suporte para uso em emergências, cuidados médicos em situações de desastres e reabilitação de pacientes com problemas cardíacos. O sistema é baseado em uma rede de sensores para monitoramento de sinais vitais e registros médicos para uso em decisões nos tratamentos de saúde. Também é possível monitorar a localização dos pacientes através de sinais de radiofrequência.

Com a arquitetura criada é possível melhorar o atendimento de vítimas em desastres e acidentes, através da coleta de sinais vitais e localização dos pacientes durante o regaste. O sistema permite integrar estes dados com as informações de outros sistemas de saúde, possibilitando que os clínicos possam, remotamente, dar pareceres médicos e indicar o procedimento mais adequado.

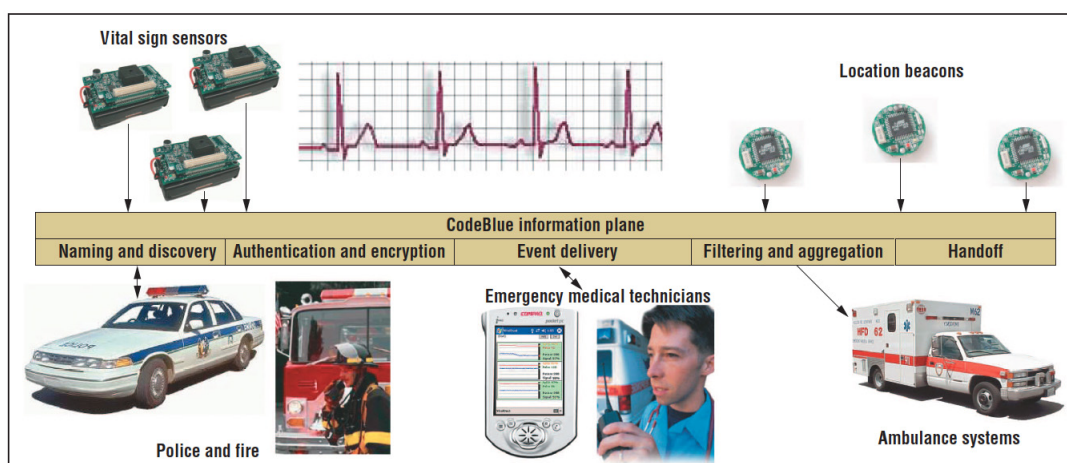


Figura 62: Arquitetura do projeto *Codeblue* (LORINCZ et al., 2004)

O projeto suporta o uso de sensores para monitoramento sem fio de oximetria, eletrocardiograma (ECG ou EKG), eletromiografia (EMG) e movimentos (SHNAYDER et al., 2005). Com o sensor de oximetria é possível medir a frequência cardíaca e a porcentagem de saturação de oxigênio no sangue. O ECG é medido por meio de um par de sensores, os quais permitem fazer o monitoramento contínuo da atividade

elétrica do coração, através do qual é possível identificar arritmias e ataques do coração. A EMG é feita através do uso de eletrodos superficiais colocados na pele do paciente, os quais medem os impulsos elétricos dos músculos. Os movimentos dos membros (tais como braços, pernas, costas e tronco) são monitorados através de um acelerômetro de três eixos e um giroscópio. O acelerômetro monitora a orientação e movimento de cada segmento do corpo. O giroscópio mede a velocidade angular e, combinado com dados do acelerômetro, pode ser utilizado para determinar com precisão posição dos membros. A EMG e os sensores de movimento são utilizados para avaliar a eficácia em tratamentos para a doença de Parkinson e na reabilitação física após um acidente vascular cerebral (AVC).

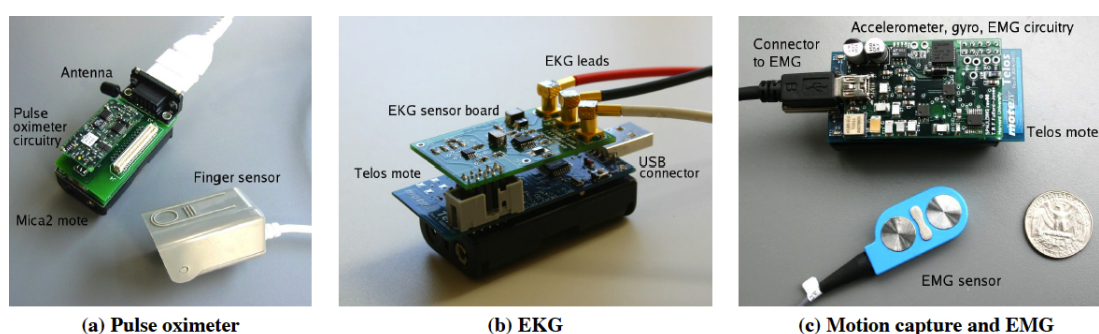


Figura 63: Sensores sem fio desenvolvidos no projeto *Codeblue* (SHNAYDER et al., 2005)

O *Codeblue* opera com diversos tipos de dispositivos, tais como *motest*⁴ de baixa potência, PCs e PDAs (MALAN; FULFORD-JONES; WELSH, 2004). O módulo é composto de um *mote* modelo MICA2⁵ que transmite, a um determinado intervalo de tempo, pacotes de dados com medições de sinais vitais do paciente (MALAN; FULFORD-JONES; WELSH, 2004). Estas informações podem ser transmitidas para um PC ou notebook através de comunicação com fio ou diretamente para os PDAs dos profissionais de saúde através de comunicação *wireless*.

O núcleo da arquitetura do *CodeBlue* é baseada em um modelo de comunicação *publish - subscribe*, onde os dispositivos podem se inscrever para receber informações dos sensores de interesse. A arquitetura de hardware e a camada de software responsável pela descoberta de novos nós permitem que sensores sejam facilmente integrados à rede. A arquitetura do sistema pode ser parametrizada através de filtros, por meio dos quais é possível criar regras para o envio de alertas quando um sensor apresente alguma medição que se encontre fora da faixa considerada normal (SHNAYDER et al., 2005).

A figura 64 mostra uma tela de *interface* do *Codeblue* apresentando o relatório de

⁴ *Mote* é um módulo microcontrolado que possui alimentação própria através de baterias, sensores, porta de entrada/saída e um módulo de comunicação.

⁵ MICA2 <<http://bullseye.xbow.com:81/Products/productdetails.aspx?sid=174>>

monitoramento dos sensores de batimentos cardíacos, oximetria e ECG.

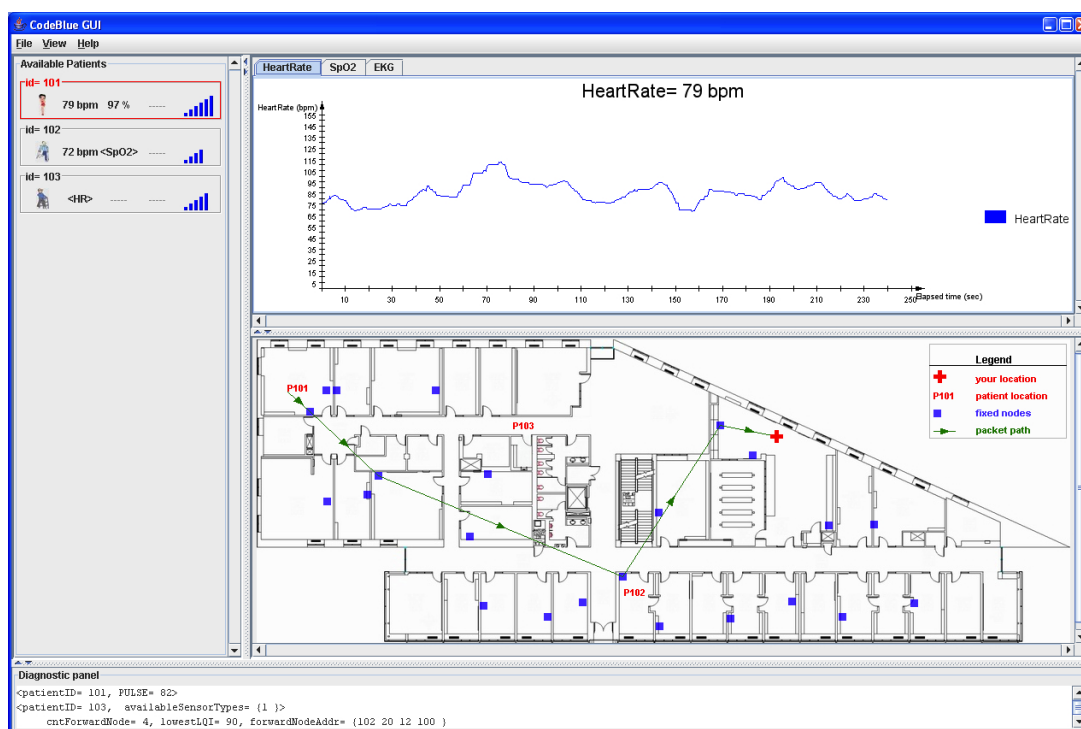


Figura 64: Interface de usuário do projeto *Codeblue* (SHNAYDER et al., 2005).

A.2.2 *MobiHealth*

O projeto *MobiHealth* (MAGAZINE; TECHNOLOGY, 2009; WAC et al., 2009; JONES et al., 2006; KONSTANTAS; HERZOG, 2003; HALTEREN et al., 2004; KONSTANTAS; HERZOG, 2003; JONES et al., 2003) foi criado com o objetivo de atender diversas áreas da saúde, tais como *home care*, traumas, monitoramento de pacientes de alto risco e portadores de doenças crônicas. Várias condições médicas foram consideradas, tais como arritmias cardíacas, artrite reumatóide, insuficiência respiratória e gravidez de alto risco.

O *MobiHealth* foi inicialmente desenvolvido pela Comissão Européia, entre os anos de 2002 e 2004, com a finalidade de criar uma plataforma de serviços para pacientes e profissionais de saúde. Nesta etapa o objetivo foi descobrir se seria possível realizar assistência médica através de sistemas móveis de cuidados à saúde com o uso de redes de comunicação 2.5 e 3G.

Posteriormente, entre os anos 2004 e 2008, o projeto foi continuado pelo grupo holandês de pesquisas *HealthService24*, quando passou a ser chamado de *Freeband Awareness* (MAGAZINE; TECHNOLOGY, 2009). Nesta fase o objetivo foi desenvolver uma plataforma de serviços sensíveis ao contexto, através da disponibilização de serviços adaptáveis ao contexto do usuário (localização, momento e atividade que está realizando). Também fazia parte do escopo do projeto a avaliação do potencial

de mercado para os sistemas de monitoramento remoto.

Atualmente o *MobiHealth* está sendo desenvolvido pelo projeto europeu chamado de MyoTel (*Myofeedback based Teletreatment service*⁶). O grupo está pesquisando o potencial de mercado para *myofeedback* baseado em monitoramento remoto e sistemas de tratamento para pacientes que sofrem de dores crônicas nos ombros e nas costas. O projeto conta com o apoio de diversos parceiros europeus, tais como fornecedores de hardware, hospitais, prestadores de serviços médicos, operadoras de redes móveis de dados, desenvolvedores de aplicações e infraestrutura móveis.

Em todos os projetos estão sendo feitos experimentos com diversos cenários para cuidados de saúde e tipos de pacientes, realizados por grupos de pesquisas de diferentes países europeus (WAC et al., 2009).

O sistema *MobiHealth* possibilita que os sinais vitais de pacientes possam ser monitorados remotamente por uma BAN customizável, a qual é conectada a uma plataforma móvel de serviços de saúde através de uma rede sem fio (MAGAZINE; TECHNOLOGY, 2009; WAC et al., 2009). Desta forma os pacientes com doenças crônicas podem ser monitorados sem a necessidade de estarem hospitalizados, podendo prosseguir as suas atividades diárias com liberdade e receberem pareceres de profissionais de saúde em tempo real. Com a plataforma desenvolvida é possível monitorar continuamente a pressão arterial, frequência cardíaca, respiração e ECG (WAC et al., 2009).

A BAN é formada por sensores, atuadores, meios de comunicação e módulos de processamento. Os sensores da rede BAN são instalados no corpo do paciente. A comunicação entre os nodos da rede BAN é feita através de redes de comunicação sem fio de curto alcance, tais como a tecnologia *Bluetooth* (MAGAZINE; TECHNOLOGY, 2009). O sistema possui uma unidade-base móvel, implementada através de um PDA da fabricante HTC, que adquire os sinais vitais e os envia para um servidor de aplicação através de uma rede de banda larga sem fio (Wi-Fi ou 2.5/3/3.5G) (WAC et al., 2009). Estes sinais vitais são então transmitidos para análise pelos profissionais de saúde.

Como resultado, o projeto provou que o monitoramento móvel e remoto de pacientes reduz os custos dos tratamentos de saúde, já que diminui a quantidade de exames que precisam ser realizados nos hospitais e melhora a qualidade de vida dos pacientes (WAC et al., 2009). As pesquisas realizadas também concluem que a BAN é uma tecnologia em crescimento e que irá apoiar estes objetivos.

A.2.3 UbiMon

O UbiMon (NG et al., 2004; VAN LAERHOVEN et al., 2004) (*Ubiquitous monitoring environment for wearable and implantable sensors* ou Ambiente de Monitoração

⁶MyoTel <<http://www.myotel.eu/>>

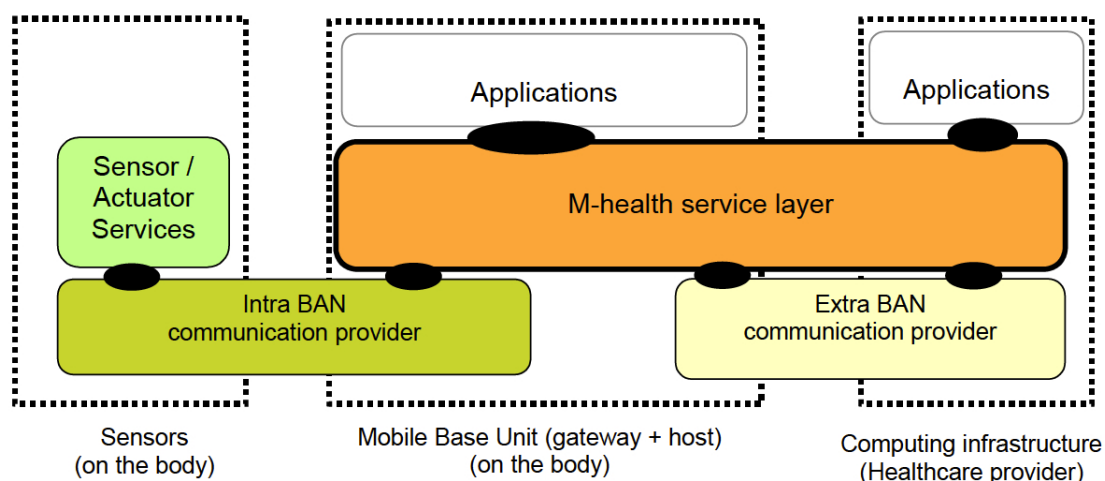


Figura 65: Arquitetura de serviços do *MobiHealth* (HALTEREN et al., 2004).



Figura 66: Sensores e interface de usuário do *MobiHealth* (Fonte: (MOBIHEALTH, 2014))

Onipresente para Sensores Vestíveis ou Implantáveis) é um *framework* desenvolvido pelo Departamento de Computação do *Imperial College London* com o objetivo de disponibilizar um monitoramento contínuo e em tempo real do estado fisiológico de pacientes não hospitalizados e que estejam desenvolvendo suas atividades normais no seu dia a dia. O projeto considera pacientes com arritmias cardíacas ou em acompanhamento pós-operatório. O sistema permite o armazenamento e processamento a longo prazo dos dados adquiridos, possibilitando, desta forma, a análise de tendências, detecção e predição de situações de risco à vida do paciente. Os resultados da análise dos dados coletados podem ser enviados para o médico responsável pelo paciente. Além disso, o sistema pode automaticamente acionar uma ambulância no caso de uma emergência médica.

De acordo com as pesquisas do projeto (VAN LAERHOVEN et al., 2004), um

dos principais desafios no monitoramento contínuo de pacientes que não estão hospitalizados é identificar qual o contexto em que os sinais fisiológicos estão sendo adquiridos. Isto se deve ao fato de que os sinais vitais variam conforme a atividade em que o paciente está envolvido e a inúmeros fatores ambientais. Como exemplo, uma alteração nos sinais de ECG podem ser tanto devido a condição cardíaca do paciente quanto ao estresse físico e mental ao qual o mesmo está submetido. Portanto, neste projeto, foram considerados sensores para compreender o contexto do paciente, juntamente com os demais sensores para monitoramento dos sinais vitais, para que possa ter uma imagem mais ampla do estado fisiológico do paciente.

A figura 67 apresenta alguns cenários dos testes de protótipos dos sensores de movimentos usados para identificar o contexto do corpo do paciente, ou seja, se o mesmo está caminhando, sentado, correndo, subindo escadas, andando de bicicleta, etc. Estes testes foram feitos para identificar as posições mais adequadas para instalação dos sensores no corpo do paciente e quais tipos ideais de sensores para uso.

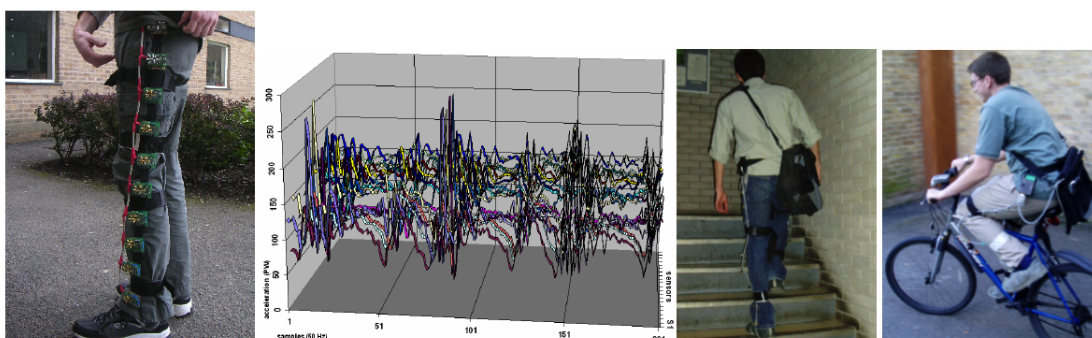


Figura 67: Cenários dos testes de protótipos dos sensores de movimentos usados no projeto UbiMon (VAN LAERHOVEN et al., 2004).

O projeto é baseado em uma BSN (*Body Sensor Network*) usando uma rede *ad hoc*, composta de sensores vestíveis e implantáveis. O projeto possui suporte para diversos sensores sem fio, tais como temperatura corporal, pressão sanguínea, SpO2, frequência cardíaca e ECG (NG et al., 2004). Também estão disponíveis sensores para suporte à consciência do contexto, tais como acelerômetros.

Conforme apresentado na figura 68, a arquitetura do sistema é composta de uma unidade de processamento local, nós sensores da rede BSN, servidor central, banco de dados do paciente e estações de trabalho (computadores ou telefones celulares) (NG et al., 2004). A unidade de processamento local é composta por um telefone celular ou PDA com um cartão *compact flash*, responsável pela aquisição, análise e apresentação dos sinais originados dos sensores. Este dispositivo também é responsável por apresentar mensagens de alerta ao paciente no caso de ocorrência de alguma anormalidade dos sinais vitais. Os dados adquiridos são enviados pelo

PDA ao servidor central através de comunicação *Wi-Fi* e redes 3G/GPRS. As estações de trabalho são usadas pelos profissionais de saúde para análise detalhada de condições anormais dos sinais vitais e consulta de dados (VAN LAERHOVEN et al., 2004).

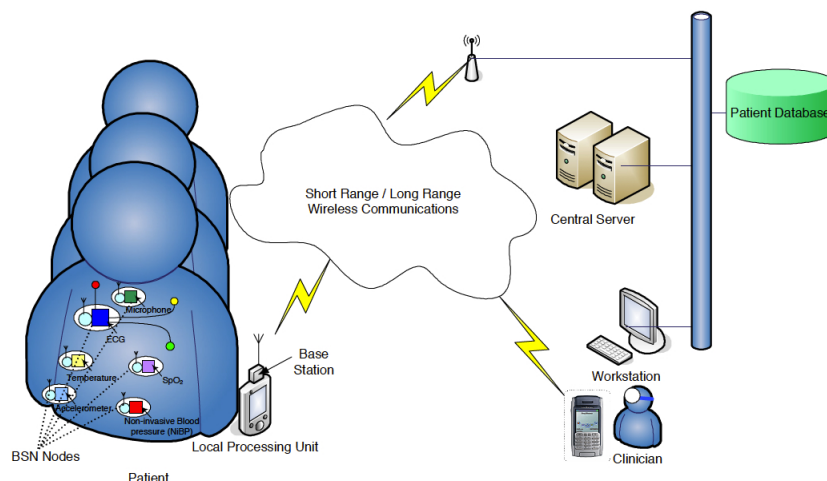


Figura 68: Arquitetura do projeto UbiMon (NG et al., 2004).

A.2.4 Alarm-Net

AlarmNet (WOOD et al., 2006, 2008) é um projeto desenvolvido pela Universidade da Virgínia com o objetivo de realizar a monitorização contínua e em tempo real de sinais vitais de idosos e demais pessoas que necessitem de assistência médica. Através de uma rede de sensores sem fio, o sistema ubíquo monitora o comportamento destas pessoas em suas casas durante seu dia a dia, criando um histórico médico, identificando padrões e alterações nas atividades dos pacientes, as quais possam indicar problemas de saúde. O sistema é baseado em sensores de sinais vitais colocados no vestuário do paciente e também na monitorização de variáveis ambientais para prover a consciência de contexto.

Conforme pode ser visto na figura 69, o sistema é composto pelos seguintes componentes: *SeeMote*, rede de sensores móveis corporais, *AlarmGate*, *Back-end*, interface com os usuários e sensores ambientais (WOOD et al., 2008). *SeeMote* são dispositivos compostos de alto-falantes e displays gráficos coloridos que são usados para apresentar informações gráficas e mensagens de voz aos pacientes, como por exemplo, o horário de tomar um determinado medicamento. A rede de sensores móveis colocados no corpo do paciente é responsável pelo monitoramento dos sinais fisiológicos e localização do paciente. Para coletar os sinais fisiológicos estão disponíveis sensores de peso corporal, pressão do sangue, ECG, SpO2 e frequência cardíaca. Os sensores de ECG e SpO2 usados foram desenvolvidos pelo projeto CodeBlue (MALAN; FULFORD-JONES; WELSH, 2004) na Universidade

de Harvard (WOOD et al., 2006). O *AlarmGate* é uma plataforma embarcada para gerenciamento de operações do sistema, execução de aplicações e gerenciamento de comunicação entre os sensores sem fio e a rede IP. O sistema *Back-end* é responsável pelo armazenamento no banco de dados e análise das informações coletadas pelos sensores, políticas de privacidade, configurações do sistema e informações dos operadores. A interface com os usuários pode ser acessada através de dispositivos móveis, tais como PDA e computadores, através das quais os profissionais de saúde e a família do paciente podem consultar os dados coletados pelos sensores. Na figura 69 estão apresentadas as telas de *interface* do usuário (à esquerda) e de administração do sistema (à direita). Os sensores ambientais são usados para identificação do contexto através do monitoramento de temperatura, umidade, aceleração, movimento, poeira e luminosidade.

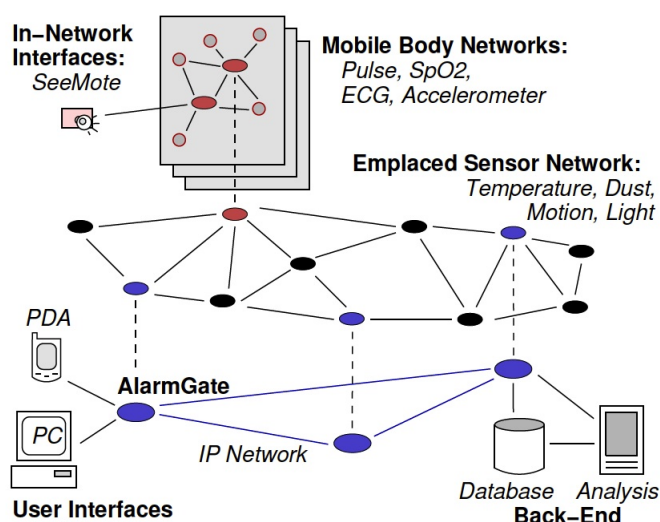


Figura 69: Arquitetura do projeto AlarmNet (WOOD et al., 2006).

O projeto Satire (GANTI et al., 2006) foi integrado ao AlarmNet, sendo usado no monitoramento das atividades diárias do paciente para identificar padrões de comportamento (WOOD et al., 2006). O sensoriamento é realizado através de um acelerômetro que faz parte da rede de sensores corporais. O sistema realiza análises do ritmo circadiano (*Circadian Activity Rhythm - CAR*), com o objetivo de aprender o padrão do ciclo biológico do paciente (WOOD et al., 2006). Esta análise é usada para suporte ao gerenciamento de energia baseado em contexto, políticas dinâmicas de privacidade e associação de dados. Caso alguma anormalidade for detectada no comportamento típico do paciente, o sistema emite um alerta para a verificação se algum problema de saúde está causando esta irregularidade. O uso pelo paciente do banheiro por um número de vezes maior que o normal, redução no número de refeições e alterações na quantidade de horas de sono são alguns exemplos de detecção de anormalidades que poderiam ser identificadas pelo sistema.

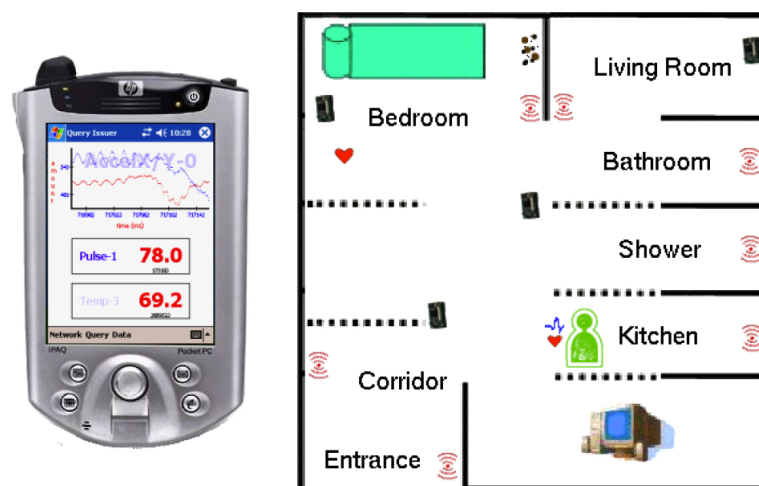


Figura 70: Telas de interface do usuário e de administração do sistema no projeto AlarmNet (WOOD et al., 2008).

APÊNDICE B PROJETOS EM MEDICINA UBÍQUA

Este apêndice tem por objetivo registrar o estudo feito quando da revisão de literatura para identificação de trabalhos relacionados ao EXEHDA-TG. Como metodologia de estudo e pesquisa, após avaliados os trabalhos encontrados, os mesmos foram organizados em dois segmentos: (i) primeiro, aqueles mais próximos da perspectiva do EXEHDA-TG, que se encontram discutidos no capítulo 3 e, (ii) por segundo, outros trabalhos representativos na área, porém não tão estritamente relacionados às frentes de pesquisa contempladas nesta dissertação.

Este segundo segmento está descrito neste apêndice, destinado a resumir projetos de grande porte na área e com amplo escopo de atuação.

B.1 ABC (*Activity-Based Computing*): *support for mobility and collaboration in ubiquitous computing*

O ABC (*Activity-Based Computing*) (BARDAM, 2005; BARDAM; CHRISTENSEN; OLSEN, 2002; BARDAM; CHRISTENSEN, 2007; BARDAM, 2009) é um projeto de computação ubíqua para apoio à mobilidade e colaboração nas atividades de trabalho humano através do desenvolvimento de um *framework*. O projeto foi iniciado em 2001 pela Universidade de Aarhus em parceria com Universidade de TI de Copenhague, contando também com o apoio do Hospital Regional de Horsens.

Os principais objetivos do projeto ABC são:

- dar suporte às atividades humanas através do gerenciamento de tarefas com o auxílio da computação;
- dar suporte à mobilidade através da distribuição de atividades em ambientes de computação heterogêneos (*desktop PC*, *tablet*, notebook, PDA, tela ou projeção na parede de uma sala de cirurgia);
- permitir a colaboração assíncrona possibilitando que várias pessoas participem de uma mesma atividade;

- dar suporte a atividades síncronas para colaboração em tempo real através de compartilhamento por diversos clientes.

Através do *framework* desenvolvido é possível que as atividades sejam interrompidas e retomadas posteriormente com seu estado anterior totalmente recuperado, mesmo que o local seja diferente ou o dispositivo de computação usado seja outro. O sistema permite que todas as aplicações e recursos associados com as atividades sejam restaurados automaticamente quando uma atividade é retomada, otimizando consideravelmente a rotina clínica. Este suporte à persistência atende à necessidade de mobilidade, que é um dos principais requisitos das rotinas clínicas em hospitais.

A ideia central deste projeto é o desenvolvimento de aplicações para otimizar a rotina dos profissionais de saúde, considerando os aspectos inerentes à profissão. Para isto foram construídos vários cenários do ambiente hospitalar, baseados nas rotinas dos médicos e enfermeiros. Esta trabalho foi realizado para identificar modelos de atividades, permitindo assim desenvolver uma aplicação para reconhecimento de contexto.

As principais atividades identificadas se referem aos seguintes cenários:

- busca de medicamentos na farmácia do hospital, administração e controle de medicamentos (realizadas por enfermeiros);
- prescrições de medicamentos (realizadas por médicos), baseadas em resultados de exames e discussão com outros profissionais de saúde sobre dosagens e tipos de medicamentos;
- colaboração;
- videoconferências para consultas e diagnósticos;
- conversas com os paciente para explicar diagnósticos e tratamentos;
- cirurgias.

A arquitetura desenvolvida utiliza o conceito de infraestrutura de computação guiada por atividades (ADCI - *Activity-Driven Computing Infrastructure*). O monitoramento das atividades de rotina do ambiente hospitalar e do contexto do usuário permitem a descoberta das atividades executadas pelo clínico, o que possibilita que o sistema atue de forma proativa. Com isso são executadas de forma automática aplicações baseadas na atividade e contexto do usuário, reduzindo assim o tempo gasto caso fosse necessário navegar em uma interface (menu) com diversas opções.

Os usuários e recursos são identificados e localizados através de dispositivos de radiofrequência disponíveis no ambiente hospitalar.

O sistema desenvolvido permite que todos os recursos digitais (resultados de exames laboratoriais, imagens para diagnósticos, registros médicos) necessários para a realização de uma atividade relacionada com um determinado paciente sejam organizados e agrupados logicamente.

A figura 71 apresenta a arquitetura do projeto ABC, o qual foi estruturado nas seguintes camadas:

- **infraestrutura:** realiza o gerenciamento das atividades colaborativas e distribuídas através da adaptação dos recursos ou serviços disponíveis em um determinado ambiente computacional;
- **cliente:** gerencia a atividade em um dispositivo específico;
- **aplicação:** possui rotinas e padrões para a utilização dos serviços disponíveis na arquitetura do cliente.

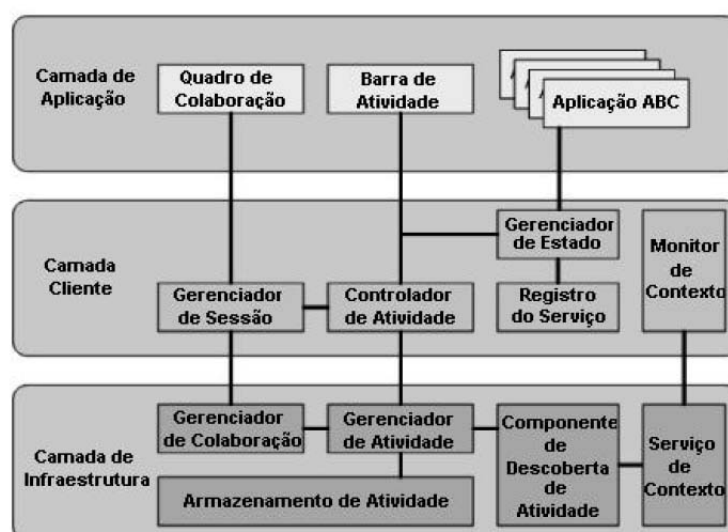


Figura 71: Arquitetura do Projeto *Activity-based Computing* (BARDRAM, 2009; KROTH; AUGUSTIN, 2010)

B.2 ClinicSpace: modelagem de uma ferramenta piloto para definição de tarefas clínicas em um ambiente de computação

O projeto ClinicSpace (SILVA, 2009; FERREIRA et al., 2009) tem como objetivo adaptar um *middleware* para gerenciamento de atividades clínicas através da computação ubíqua. Está sendo desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria pelo Grupo de Sistemas de Computação Móvel (GMob). O ClinicSpace é um

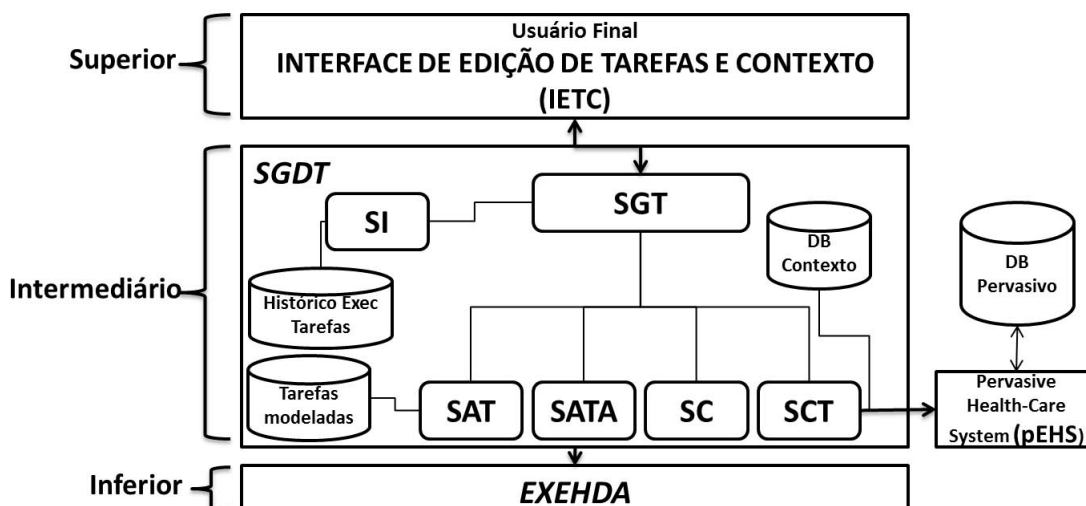


Figura 72: Arquitetura do Projeto ClinicSpace (MACHADO; AUGUSTIN, 2011)

Sistema Eletrônico de Saúde (EHS - *Electronic Health System*) cuja arquitetura foi desenvolvida com o objetivo de atender aos requisitos dos médicos, diminuindo assim a frequente rejeição na implantação deste tipo de sistema no ambiente hospitalar. O sistema disponibiliza um assistente para ajudar os profissionais de saúde a executar suas atividades, usando para isto a computação orientada a atividades.

O projeto usa a captura de contexto para reduzir a complexidade do sistema para os profissionais de saúde. Os elementos de contexto processados são tempo, recursos, perfil, paciente, localização, dispositivos e sensores. As informações do ambiente clínico são capturadas e integradas automaticamente às aplicações do sistema computacional, tornando os serviços prestados aos pacientes mais otimizados e com melhor qualidade (FERREIRA et al., 2009).

A arquitetura também permite a personalização no modo como cada usuário executa as atividades, aumentando assim a aderência do sistema automatizado no ambiente hospitalar com o objetivo de aumentar a sua aceitação.

A figura 72 apresenta a arquitetura do projeto ClinicSpace, o qual foi estruturado nos seguintes níveis:

- **nível superior:** operador do sistema (profissional de saúde) que gerencia suas tarefas a serem executadas no ambiente ubíquo;
- **nível intermediário:** responsável pelo mapeamento e gerenciamento das tarefas definidas pelo operador e subtarefas (aplicações ubíquas);
- **nível inferior:** responsável pela execução das aplicações e gerenciamento do ambiente ubíquo através do *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004).

A seguir estão descritas o significado das abreviações usadas para identificar os componentes da arquitetura:

- **IETC**: Interface de Edição de Tarefas e Contexto
- **SGDT**: Subsistema de Gerenciamento Distribuído de Tarefas;
- **SGT**: Serviço de Gerenciamento de Tarefas;
- **SAT**: Serviço de Acesso a Tarefas;
- **SCT**: Serviço de Contexto de Tarefas
- **pEHS**: *pervasive Electronic Health System*.

Como diferencial em relação a outros projetos semelhantes, o ClinicSpace é arquitetado com foco nos profissionais de saúde que serão os usuários do sistema, permitindo que os mesmos personalizem as suas tarefas. O sistema desenvolvido possibilita que os usuários façam um balanceamento entre automatizar e controlar a execução das tarefas, disponibilizando recursos como agendamento, execução, interrupção, continuação e cancelamento de atividades. O projeto também implementa a semântica siga-me, de forma que as tarefas acompanham o usuário mesmo que ele troque de dispositivo computacional.

B.3 Pertmed: Sistema de Telemedicina Móvel (disponibilizando a informação onde ela é necessária)

O projeto Pertmed (RODRIGUES, 2011) tem como objetivo científico avaliar o uso na área de saúde de algumas das tecnologias desenvolvidas pelas pesquisas em computação ubíqua, atendendo dessa forma à necessidade de mobilidade dos profissionais que atuam no ambiente hospitalar. O sistema a ser desenvolvido fará a conexão entre dispositivos móveis e o sistema informatizado de acesso às informações clínicas do hospital, possibilitando assim que os profissionais de saúde tenham acesso às mesmas de forma ubíqua.

O Pertmed está sendo desenvolvido através da parceria entre grupos de pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria (Grupo de Sistemas de Computação Móvel - GMob), Universidade Católica de Pelotas e Universidade Federal de Pelotas (Grupo de Processamento Paralelo e Distribuídos - G3PD).

O projeto tem como premissa a colaboração dos profissionais de saúde dos hospitais universitários destas instituições, os quais serão responsáveis por determinar os requisitos do sistema a ser desenvolvido. Estes profissionais também contribuirão para a identificação de características e funcionalidades, análise e adequação do projeto à rotina hospitalar. Além do atendimento às necessidades destes dois hospitais, o sistema tem como meta a generalização da solução para o

atendimento aos requisitos da rede SUS (Sistema Único de Saúde), onde poderá ser utilizado amplamente.

O Pertmed busca viabilizar o atendimento a lugares remotos e carentes, onde há falta de serviços de saúde especializados devido ao alto custo de transporte. Isto seria possível através do acesso ao estado de saúde do paciente através de monitoramento remoto. Simples orientações clínicas poderiam ser enviadas diretamente aos celulares dos pacientes. Desta forma o projeto contribuirá com a redução na fragmentação e interrupção de tratamentos devido a dificuldade de acesso aos serviços de saúde.

O sistema está sendo desenvolvido na plataforma Java, utilizando diagramas UML (*Unified Modeling Language*) e programação orientada a objetos. O gerenciamento do ambiente ubíquo é feito através do *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004).

Este projeto pretende disponibilizar informações de saúde (tais como resultados de exames laboratoriais e registros de pacientes) aos médicos e enfermeiros sempre que necessárias, baseadas em contexto, independentemente do local onde se encontram, a qualquer momento e de qualquer dispositivo (acesso ubíquo).

De acordo com a proposta do projeto, para se ter qualidade nos serviços prestados na área da saúde, é necessário que os profissionais tenham fácil acesso às informações clínicas dos pacientes, permitindo assim que os mesmos tomem decisões rápidas. Estas informações podem ser acessadas pelos profissionais de saúde através da internet e dispositivos móveis, tais como *smartphones*, telefones celulares e PDAs. O sistema também disponibiliza o tráfego de informações entre os profissionais de saúde e os pacientes.

B.4 UbiDoctor: Serviço de Gerenciamento de Sessão para Ambientes de Medicina Ubíqua

O projeto UbiDoctor (DINIZ; TRINTA, 2008) é um *middleware*, desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), proposto para fornecer serviços de medicina ubíqua com o objetivo de melhorar a produtividade dos profissionais de saúde. Através desta arquitetura, estes profissionais podem acessar de forma ubíqua os dados pessoais e informações médicas de pacientes, visualizar pareceres clínicos anteriores e solicitar segunda opinião a outros especialistas.

O UbiDoctor considera a necessidade de atendimento a premissas tais como a interação entre os profissionais de saúde para troca de informações e opiniões clínicas, suporte à mobilidade dos usuários (característica inerente ao ambiente hospitalar), necessidade de acesso às informações de saúde do paciente através de diversos tipos de dispositivos computacionais, nomadismo e interrupções constantes da execução de atividades.

A figura 73 apresenta a arquitetura do *middleware* UbiDoctor, o qual foi estruturado

nos seguintes serviços:

- **Serviço de Gerenciamento de Contexto:** encarregado de examinar os dados contextuais e enviar aos demais serviços através de variáveis de contexto;
- **Serviço de Gerenciamento de Sessões:** disponibiliza a manutenção e persistência das sessões e a migração de aplicações;
- **Serviço de Adaptação de Conteúdo:** faz a adequação das informações a serem apresentadas ao usuário considerando a abrangência da rede e as características e configurações do dispositivo computacional usado.

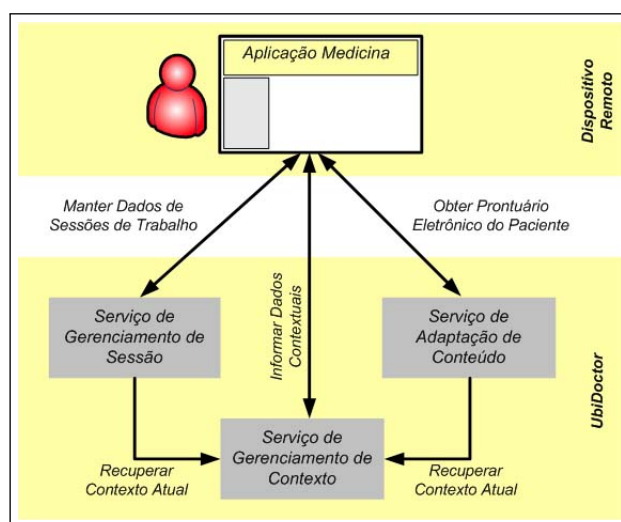


Figura 73: Arquitetura do Projeto UbiDoctor (DINIZ; TRINTA, 2008)

Com o objetivo de realizar testes foram implementados os serviços de gerenciamento de contexto, gerenciamento de sessão e adaptação de conteúdo do *middleware* UbiDoctor. Também foi desenvolvida uma aplicação protótipo chamada de UHSys (*Ubiquitous Health System*) para uso destes serviços. O UHSys possibilita aos profissionais clínicos acessarem um sistema de Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), permitindo que o mesmo seja utilizado a qualquer momento (*anytime*), de qualquer lugar (*anywhere*) e em qualquer dispositivo computacional (*any device*). O sistema também permite que os profissionais de saúde solicitem e atendam a pedidos de segunda opinião médica.

Através da arquitetura desenvolvida, o médico pode fazer a migração de uma atividade em execução para outro tipo de dispositivo computacional, no qual a tarefa continuará a ser executada. Através do serviço de gerenciamento de sessão esta troca é feita com a persistência do conteúdo assegurada. Dependendo dos tipos de dispositivos usados, o ajuste do conteúdo a ser exibido ao usuário é realizado através dos serviços de gerenciamento de contexto e adaptação de conteúdo do *middleware*.

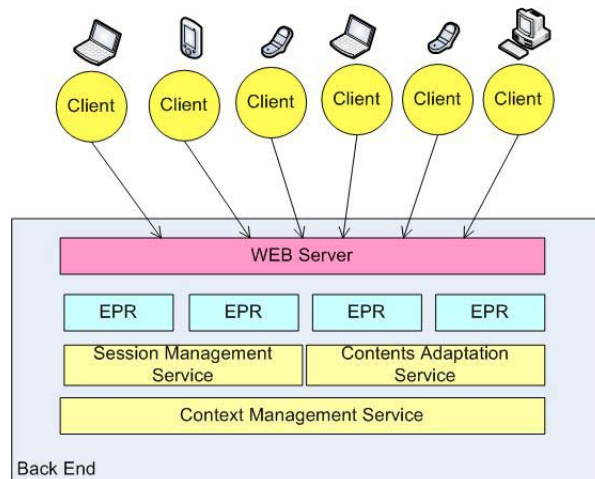


Figura 74: Arquitetura do módulo do UHSy (DINIZ; TRINTA, 2008)

Na figura 74 pode-se observar a arquitetura do UHSy.

Na parte superior da figura estão os servidores de aplicação dos PEPs, enquanto na parte inferior estão representados os serviços disponibilizados pelo *middleware* UbiDoctor. Estes componentes formam o *back end* do sistema, responsáveis pelos serviços disponibilizados aos clientes. Os componentes que acessam o ambiente computacional através de computadores pessoais, *tablets*, PDAs ou telefones celulares são denominados clientes e formam o *front end* do cenário.

Os profissionais de saúde podem acessar os dados do paciente através do *front end* de qualquer lugar, usando diversos tipos de dispositivos computacionais através de várias possibilidades de redes de acesso. Dependendo do dispositivo de acesso usado, as aplicações terão mais ou menos recursos disponibilizados aos clientes. Por exemplo, a aplicação *web* usada em computadores pessoais terá mais recursos disponíveis que um telefone celular, devido as limitações impostas pelos tamanhos de *display* e teclado deste último.

EXEHDA-TG: Uma Contribuição à Avaliação das Metas Terapêuticas Explorando uma Abordagem Ubíqua Consciente de Situação – Alexandre Renato Rodrigues de Souza



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Programa de Pós-Graduação em Computação



Dissertação

EXEHDA-TG: Uma Contribuição à Avaliação das Metas Terapêuticas Explorando uma Abordagem Ubíqua Consciente de Situação

ALEXANDRE RENATO RODRIGUES DE SOUZA

Pelotas, 2014