



**Ariel Escobar Endara**

**CubiMed: Um Framework para a Criação  
de Aplicações de Assistência Médica  
Ubíqua baseado em Agentes de Software  
Colaborativos**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Rio de Janeiro  
Agosto de 2015



**Ariel Escobar Endara**

**CubiMed: Um Framework para a Criação  
de Aplicações de Assistência Médica  
Ubíqua baseado em Agentes de Software  
Colaborativos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela  
Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Carlos José Pereira de Lucena**

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Markus Endler**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Andrew Diniz da Costa**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de agosto de 2015

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Ariel Escobar Endara**

Graduou-se em Engenharia de Sistemas, Universidade Católica Boliviana (Bolívia), em junho de 2011. Ingressou no programa de mestrado do Departamento de informática em 2013.

#### Ficha Catalográfica

Endara, Ariel Escobar

CubiMed: um framework para a criação de aplicações de assistência médica ubíqua baseado em agentes de software colaborativos / Ariel Escobar Endara ; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. – 2015.

90 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2015.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Sistema multi-agente. 3. Agentes de colaborativos. 4. TCAC. 5. u-Healthcare. 6. Computação ubíqua. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004



## Agradecimentos

A minha mãe Ricarda, por me ensinar as coisas que não podem ser aprendidas em uma faculdade, acreditar que com amor e esforço tudo é possível.

Ao meu pai German. Obrigado pela confiança, apoio e motivação para seguir além das adversidades.

Ao professor Lucena. Obrigado pela paciência e apoio prestados durante o mestrado, e principalmente, pela oportunidade de aprender com a experiência e conhecimento científico que possui.

Aos meus irmãos Maria, Margott, Manuel, Alejandro, Gonzalo, Jackeline e Eva pelo apoio, confiança e muito carinho depositada durante minha graduação e mestrado.

A Laura, pelas conversas, apoio, confiança e amor que foram além da distância e o tempo.

Aos meus sobrinhos, Sergio, Gabriela, Paola, Andres, Camila, Mauricio, Luis, Johan, Nathaly, Rodrigo e Valquiria, pela confiança e por todas essas risadas e palavras de carinho que me inspiravam e davam muita fortaleza para seguir adiante.

Aos que mais que amigos, são irmãos Carlos, Gabriel e Edwin que além de tudo sempre encontraram uma forma de apoiar-me.

Aos meus colegas do mestrado, especialmente Chrystinne, Luiz, Eduardo, Adriel e Johnnie que fizeram com que o dia a dia na PUC seja ainda mais agradável.

Aos meus colegas do TecGraf, Bia, Victor, Chicão e Coutinho pela compreensão, apoio e por compartilhar seu conhecimento comigo.

A CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos que permitiram que este trabalho seja realizado.

E principalmente a Deus por tudo.

## Resumo

Endara, Ariel Escobar; Lucena, Carlos José Pereira de. **CubiMed: Um Framework para a criação de aplicações de Assistência Médica Ubíqua baseado em Agentes de Software Colaborativos**. Rio de Janeiro, 2015. 90p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A área da saúde precisa lidar com diversos problemas relacionados a questões de infraestrutura, falta de pessoal qualificado e grande número de pacientes. Como solução para problemas desta natureza surgiu o *u-Healthcare*, uma aplicação dos conceitos de Computação Ubíqua (UbiComp) na área da assistência médica. *u-Healthcare* permite a supervisão da saúde a qualquer tempo e a qualquer lugar, a partir de dispositivos eletrônicos conectados à internet. Entretanto, a ampliação da supervisão da saúde para o entorno ubíquo não pode ser feita com protocolos e procedimentos clínicos atualmente utilizados, já que essa abordagem aumentaria drasticamente o consumo de tempo e recursos. Por esse motivo, a construção de aplicações para fornecimento de serviços de saúde pode apoiar-se em áreas de pesquisa de Sistemas Multi-Agente (SMA) e Trabalho Cooperativo Auxiliado por Computador (TCAC). Nesse sentido, SMA é utilizado para automatização de processos, através do uso das propriedades dos agentes de software. Em contrapartida, TCAC permite estabelecer um modelo de cooperação entre os participantes de uma determinada aplicação. Com base nestes aspectos, neste trabalho propõe-se a modelagem e desenvolvimento de um *framework* que auxilie a construção de aplicações voltadas para *u-Healthcare*, baseadas em conceitos de SMA e TCAC. Para ilustrar a utilização do *framework*, são apresentados dois cenários de uso. O primeiro cenário corresponde a um sistema de monitoramento fetal, que realiza a detecção precoce de anormalidades no feto. O segundo cenário, por sua vez, consiste em um assistente de administração de medicamentos, que permite ajudar ao médico no controle de medicamentos que usam seus pacientes.

## Palavras-chave

Sistema Multi-Agente; Agentes de Colaborativos; TCAC; *u-Healthcare*; Computação Ubíqua

## Abstract

Endara, Ariel Escobar; Lucena, Carlos José Pereira de (Advisor). **CubiMed: A Framework for the creation of Ubiquitous Medical Assistance applications based on Collaborative Software Agents**. Rio de Janeiro, 2015. 90p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The health area needs to deal with various problems related to issues of infrastructure, lack of qualified personnel and a large number of patients. As a solution to problems of this nature, *u-Healthcare* was created as an application of the concepts of Ubiquitous Computing (UbiComp) in the area of health care. *u-Healthcare* allows health monitoring at any time and place from electronic devices connected to the Internet. However, the expansion of health monitoring for an ubiquitous environment cannot be performed with protocols and procedures currently used, since this approach would drastically increase the consumption of time and resources. For that reason, the development of tools to provide health services can be supported in research areas such as Multi-Agent System (MAS) and Computer Supported Cooperative Work (CSCW). In that sense, MAS can be used to automate processes through the properties of software agents. On the other hand CSCW gives the possibility of establishing a model of cooperation among the participants on the application. Based on these aspects, this work proposes the modeling and development of a *framework* capable of providing support and help on the construction of dedicated *u-Healthcare* applications which should be based on the concepts of MAS and CSCW. To illustrate the use of the *framework*, there are presented two scenarios of use. The first scenario corresponds to a fetal monitoring system, which allows early detection of fetal abnormalities. The second scenario consists of a drug administration assistant, which allows the doctor to control drug use by his patients.

## Keywords

Multiagent System; Collaborative Agents; CSCW, u-Healthcare; Ubiquitous computing



# Sumário

1	Introdução	15
1.1.	Motivação	16
1.2.	O Problema	18
1.3.	Solução Proposta e Principais Contribuições	19
1.4.	Estrutura da dissertação	20
2	Fundamentação Teórica	21
2.1.	Computação Ubíqua	21
2.1.1.	Assistência Médica Ubíqua (u-Healthcare)	22
2.2.	Agentes	23
2.2.1.	Características dos Agentes	23
2.3.	Sistemas Multi-Agentes	24
2.3.1.	Agentes Colaborativos	25
2.4.	JADE	25
2.4.1.	Ontologias	28
2.5.	JADE-LEAP	30
2.6.	Trabalho Cooperativo Auxiliado por Computador	31
2.6.1.	Modelo de consciência	32
2.6.2.	TCAC e Sistemas Multi-agente	33
3	Framework CubiMed	35
3.1.	Domínio do framework	35
3.2.	Arquitetura	37
3.2.1.	Especificação da arquitetura	38
3.2.2.	Especificação de aplicações	42
3.3.	Implementação	44
3.3.1.	Comunicação	46
3.3.2.	Implementação do CubiMed	51
3.3.3.	Implementação CubiMed-LEAP	55
3.4.	Pontos Fixos e Flexíveis	57
4	Resultados Finais	59

4.1. Cenários de uso	59
4.1.1. Monitoramento Fetal	59
4.1.2. Assistente de Administração de Medicamentos	67
4.2. Avaliação	71
4.2.1. Modelo GQM	72
4.2.2. Execução da Avaliação	73
4.2.3. Resultados da Avaliação	78
5 Trabalhos Relacionados	81
5.1. A Multi-Agent Collaborative Framework for Mobile e-Health	81
5.2. MADIP	83
6 Conclusões e Trabalhos Futuros	84
6.1. Principais Vantagens do Framework Proposto	84
6.2. Principais Limitações do Framework Proposto	85
6.3. Trabalhos Futuros	86
Referências Bibliográficas	87

## Lista de Figuras

Figura 1: Ciclo de atendimento ao paciente (MAZZI et al. 2001).....	17
Figura 2: Arquitetura de um sistema u-Healthcare .....	22
Figura 3: Modelo de plataformas para agentes definido pela FIPA .....	28
Figura 4: Diagrama de classes pacote <i>jade.content</i> do JADE.....	29
Figura 5: Execução no modo Stand-alone do JADE-LEAP. ....	30
Figura 6: Execução no modo Split do JADE-LEAP. ....	31
Figura 7: Cenário de interação Médico-Paciente .....	36
Figura 8: Modelo de três camadas do Framework CubiMed. ....	39
Figura 9: Ilustração geral de uma aplicação criada com o framework CubiMed.....	41
Figura 10: Esquema geral de instanciação do framework CubiMed.....	43
Figura 11: Organização de pacotes no framework CubiMed.....	45
Figura 12: Ontologia Framework CubiMed.....	48
Figura 13: Criação da ontologia com a ferramenta PROTEGE .....	49
Figura 14: Diagrama de classes do pacote Ontology .....	50
Figura 15: Diagrama de classes do pacote Server, CubiMed.....	51
Figura 16: Diagrama de classes do pacote Client, CubiMed .....	53
Figura 17: Diagrama de classes do pacote Init, CubiMed-LEAP .....	55
Figura 18: Diagrama de classes do pacote Client, CubiMed-LEAP.....	56
Figura 19: Diagrama de classes Servidor Principal Cenário Monitoramento Fetal .....	61
Figura 20: Diagrama de classes Aplicativo Gestante Cenário Monitoramento Fetal .....	62
Figura 21: Diagrama de classes Aplicativo Obstetra Cenário Monitoramento Fetal .....	62
Figura 22: Diagrama de classes Aplicativo Médico Cenário Monitoramento Fetal .....	63
Figura 23: Diagrama de classes Aplicativo Ambulância Cenário Monitoramento Fetal .....	63
Figura 24: Especificação de implementação do cenário de monitoramento fetal .....	64

Figura 25: Diagrama de classes Servidor Principal	
Cenário Administração de Medicamentos .....	69
Figura 26: Diagrama de classes Aplicativo Paciente	
Cenário Administração de Medicamentos .....	69
Figura 27: Diagrama de classes Aplicativo Farmacêutico	
Cenário Administração de Medicamentos .....	70
Figura 28: Diagrama de classes Aplicativo Médico	
Cenário Administração de Medicamentos .....	71
Figura 29: Especificação de implementação	
do cenário de Assistente de .....	71
Figura 30: Estrutura de hierarquia do modelo GQM.....	72
Figura 31: Especificação de implementação de um	
cenário de interação paciente – equipe médica .....	77
Figura 32: Cenário interação Médico-Paciente com	
agentes de software (CHAN et al., 2008). .....	82

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Elementos do modelo de consciência relacionados com o presente. ....	32
Tabela 2: Elementos do modelo de consciência relacionados com o passado. ....	33
Tabela 3: Regras para o diagnóstico de doenças no feto .....	66
Tabela 4: Objetivo para a avaliação de análise de domínio .....	73
Tabela 5: Questões e métricas para a avaliação de análise de domínio .....	74
Tabela 6: Valores usados para as métricas da avaliação de análise de domínio .....	74
Tabela 7: Objetivo para a avaliação do design da estrutura .....	74
Tabela 8: Questões e métricas para a avaliação da instanciação do framework .....	74
Tabela 9: Valores usados para as métricas da avaliação do design da estrutura .....	75
Tabela 10: Objetivo para a avaliação da instanciação do framework .....	75
Tabela 11: Objetivo para a avaliação do design da estrutura .....	75
Tabela 12: Valores usados para as métricas da avaliação da instanciação do framework .....	76
Tabela 13: Resultados da avaliação de análise de domínio .....	78
Tabela 14: Resultados avaliação do design da estrutura .....	79
Tabela 15: Resultados da avaliação da instanciação do framework .....	79

## Lista de Abreviaturas e Siglas

SMA	Sistema Multi-Agente
TCAC	Trabalho Cooperativo Auxiliado por Computador
u-HealthCare	Assistência Medica Ubíqua
JADE	Java Agent Developer Enviroment
UML	Unified Modeling Language
FIPA	Foundation for Intelligent, Physical Agents
APIs	Application Programming Interfaces
NFC	Near field communication
GQM	Goal Question Metric