

Débora Cabral Nazário

**CUIDA - UM MODELO DE CONHECIMENTO DE QUALIDADE
DE CONTEXTO APLICADO AOS AMBIENTES UBÍQUOS
INTERNOS EM DOMICÍLIOS ASSISTIDOS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor(a) em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Orientador: Prof. Dr. Mário Antônio Ribeiro Dantas

Coorientador: Prof. Dr. José Leomar Todesco

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Nazário, Débora Cabral

CUIDA - um modelo de conhecimento de qualidade de Contexto aplicado aos ambientes Ubíquos Internos em Domicílios Assistidos / Débora Cabral Nazário ; orientador, Mário Antônio Ribeiro Dantas ; coorientador, José Leomar Todesco. - Florianópolis, SC, 2015.
215 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Inclui referências

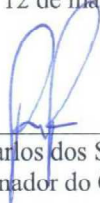
1. Engenharia e Gestão do Conhecimento. 2. Modelo de Conhecimento. 3. Qualidade de Contexto. 4. Ontologia. 5. Ambient Assisted Living. I. Dantas, Mário Antônio Ribeiro. II. Todesco, José Leomar. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. IV. Título.

Débora Cabral Nazário

**CUIDA - UM MODELO DE CONHECIMENTO DE QUALIDADE
DE CONTEXTO APLICADO AOS AMBIENTES UBÍQUOS
INTERNOS EM DOMICÍLIOS ASSISTIDOS**

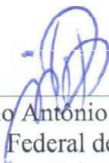
Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutora em Engenharia e Gestão do Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Florianópolis, 12 de março de 2015.

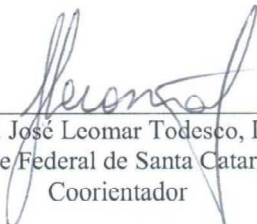


Prof. Roberto Carlos dos S. Pacheco, Dr.
Coordenador do Curso

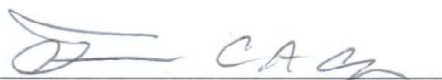
Banca Examinadora:



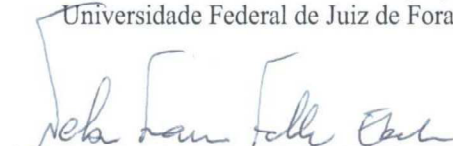
Prof. Mário Antônio Ribeiro Dantas, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - EGC
Orientador



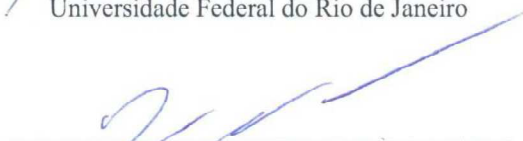
Prof. José Leomar Todesco, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - EGC
Coorientador



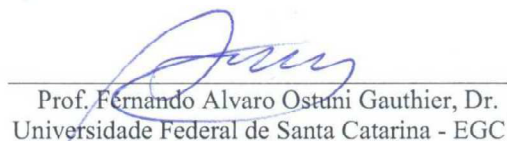
Profª Fernanda Claudia Alves Campos, Dra.
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Nelson Francisco Favilla Ebecken, Dr.
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Prof. Denilson Sell, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - EGC



Prof. Fernando Alvaro Ostuni Gauthier, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - EGC



Prof. Ricardo Azambuja Silveira, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - INE

Este trabalho é dedicado a minha família, por todo apoio, carinho e compreensão ao longo desta jornada. Especialmente ao meu marido Marcelo, minha filha Júlia e meu filho Gustavo, que está a caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Mário Antônio Ribeiro Dantas por toda a sua dedicação, competência, compreensão e amizade, como orientador desta pesquisa desenvolvida.

Ao professor José Leomar Todesco pela coorientação e acompanhamento do trabalho.

Aos professores do EGC e INE que contribuíram com seus ensinamentos durante a fase de disciplinas realizadas na universidade.

Aos professores da banca de qualificação e final por suas contribuições importantíssimas para o melhoramento do resultado final desta pesquisa.

Aos alunos Igor Vilas Boas Tromel, Adroaldo de Andrade, Lucas Borges e Willian Romeu Ramos pela participação no desenvolvimento de partes deste estudo que será continuado nos seus trabalhos de conclusão de curso.

A todos os amigos e familiares que acompanharam os desafios desta jornada e que de alguma forma contribuíram e torceram para que tudo desse certo.

Por fim, quero agradecer a Universidade do Estado de Santa Catarina por possibilitar meu afastamento para capacitação e a Universidade Federal de Santa Catarina por mais uma vez me acolher como aluna desta instituição.

A todos muito obrigada!

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo.
Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa.
Por isso aprendemos sempre.”
(Paulo Freire)

RESUMO

O aumento da utilização de dispositivos portáteis vem gerando uma demanda de informações do ambiente e do usuário, o contexto. Contexto pode ser definido como a relação entre o texto e a situação em que ele ocorre. Em informática, o contexto é formado pelas circunstâncias as quais se utiliza um determinado dispositivo. O uso do contexto pode prover serviços mais dinâmicos e personalizados, sendo um aspecto essencial à garantia da Qualidade de Contexto (QoC), para atender a satisfação dos usuários. A QoC descreve a qualidade da informação que é usada para caracterizar o contexto. Através do levantamento de literatura, foi observada a falta de uniformização de nomenclatura e definições de parâmetros de QoC, além de diferentes formas de quantificação dos parâmetros. Estas dificuldades são refletidas nos modelos de representação, o que prejudica o entendimento e compartilhamento de informações de contexto e QoC. Neste sentido, a Engenharia do Conhecimento pode auxiliar na representação de conhecimento deste domínio, com a utilização de ontologia. Sendo assim, o objetivo desta tese foi pesquisar e desenvolver um modelo de conhecimento de qualidade de contexto, aplicado a um ambiente denominado CUIDA - Contexto Ubíquo Interno em Domicílios Assistidos. A utilização de ontologias como modelo de conhecimento é incentivada, visto que as ontologias representam conhecimento para a comunicação entre os seres humanos, primam pela estruturação, pela organização e pela integração de conhecimento. Desta forma, esta pesquisa contribuiu com um Modelo de Conhecimento de QoC para apoiar pesquisadores e desenvolvedores de computação sensível ao contexto, facilitando o entendimento e acesso aos conceitos deste domínio, permitindo sua reutilização. Com base no modelo desenvolvido foi proposta uma abordagem de avaliação de QoC aplicada a um cenário *Ambient Assisted Living* (AAL), chamado nesta tese de CUIDA. O objetivo foi demonstrar o uso da avaliação de QoC proposta, avaliando alguns parâmetros. Esta demonstração ocorreu inicialmente com uma prova de conceito através de simulação e em seguida com a certificação dos resultados obtidos através de um estudo experimental que utilizou um cenário real com sensores e-Health. A prova de conceito e o estudo experimental utilizaram sensores biomédicos como pressão arterial, pulso, temperatura corporal, com ênfase no monitoramento da saúde do usuário. O estudo experimental confirmou os bons resultados obtidos na prova de conceito. Foi possível demonstrar que vários casos de qualidade de contexto insuficiente podem ser detectados, assim como as prováveis

causas relacionadas, gerando alertas, inclusive para possíveis problemas de saúde. Estes alertas podem com sucesso proporcionar o atendimento de um profissional de saúde de maneira diferenciada, em um tempo reduzido, essencial em casos de emergência.

Palavras-chave: Modelo de Conhecimento. Qualidade de Contexto. Ontologia. Ambiente de Domicílio Assistido. e-Health.

ABSTRACT

The increasing use of mobile devices has generated a demand for information about the user and the environment: the context. Context can be defined as the relation between the text and the situation in which it occurs. In computing, context is formed by circumstances used by a particular device. Context information can provide more dynamic and personalized services, and is essential to ensure Quality of Context (QoC) and user's satisfaction. QoC describes the quality of information that is used to describe the context. A literature review pointed to a lack of standardization of nomenclature, definitions of QoC parameters, and different ways of quantifying such parameters. These difficulties are reflected in the representation models, hindering the understanding and sharing of context information and QoC. In this sense, Knowledge Engineering contributes to knowledge representation in this domain by means of ontology. Thus, the objective of this doctoral dissertation was to research and develop a knowledge model for Quality of Context, applied to an environment called CUIDA (an acronym for: Ubiquitous Internal Context in Assisted Households). The use of ontologies as knowledge models has been encouraged due to the fact that ontologies represent knowledge for communication among individuals, and are prominent in their structure, organization and integration of knowledge. Therefore, this study contributes a QoC Knowledge Model to support researchers and context-aware computing developers, facilitating understanding and access to the concepts of this domain, allowing the model to be reused. Based on this model, we proposed a QoC evaluation approach implemented in an Ambient Assisted Living (AAL) scenario, here referred to as CUIDA. The objective was to demonstrate the use of the proposed QoC evaluation, appraising some parameters. This took place initially with a proof of concept through a simulation and then with a verification of the results through an experimental study using a real scenario with e-Health sensors. The simulation and the real experiment used biomedical sensors such as of blood pressure, pulse, body temperature, with an emphasis on the user's health monitoring. The experimental study confirmed the good results obtained by the proof of concept. It was shown that several instances of insufficient quality of context were detected and related to probable causes, generating alerts and pointing to potential health problems. These alerts can successfully help provide professional assistance in a different way, in a shorter time, which is crucial in an emergency.

Keywords: Knowledge Model. Quality of Context. Ontology. Ambient Assisted Living. e-Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pirâmide Metodológica da pesquisa	36
Figura 2: Processo de coleta de dados.....	43
Figura 3: Taxonomia das publicações de QoC.....	44
Figura 4: Modelos de QoC	51
Figura 5: Modelo de Contexto em notação gráfica	56
Figura 6: Ontologia de QoC	57
Figura 7: XML de Parâmetros de QoC	58
Figura 8: Modelo de QoC em UML.....	58
Figura 9: Pirâmide Metodológica.....	66
Figura 10: Técnicas de EC	71
Figura 11: Estrutura de uma ontologia.....	80
Figura 12: Ontologia de Contexto	85
Figura 13: Ontologia de Contexto	85
Figura 14: Ontologia de Contexto	86
Figura 15: Modelo de Contexto	87
Figura 16: Ontologia de Contexto	88
Figura 17: Ontologia de contexto do usuário	90
Figura 18: Ontologia de contexto da pessoa observada	91
Figura 19: Extensão OWL para QoC	92
Figura 20: Ontologia de QoC	93
Figura 21: Ontologia de QoC	94
Figura 22: Ontologia de QoC	95
Figura 23: Distribuição de tarefas nos ciclos de desenvolvimento da Ontologia.....	102
Figura 24: Ferramentas utilizadas X Ciclos de desenvolvimento	103
Figura 25: a) Classes, b) Relações entre Classes, c) Propriedades das Classes.....	107
Figura 26: a) Hierarquia de Classes, b) Relações entre Classes, c) Propriedades das Classes.....	111
Figura 27: Instâncias da classe Parâmetro.....	115
Figura 28: Detalh e do Parâmetro Up-to-dateness	116
Figura 29: Definição do Parâmetro Up-t o-da teness	116
Figura 30: Definições equivalentes ao Parâmetro Up-to-dateness.....	117
Figura 31: Instância de definição de QoC na ontologia proposta.....	118
Figura 32a,b: Exemplos de consultas na ontologia de QoC	118
Figura 33: Instâncias da Classe Quantificação	119
Figura 34: Detalhe da instância ‘quantificação_Nazario’	120
Figura 35: Desenvolvimento do Modelo de Conhecimento.....	122
Figura 36: Arquitetura Proposta	124

Figura 37: Cenário AAL	126
Figura 38: Informações de Contexto e QoC na Simulação	134
Figura 39: Plataforma de Sensores e-Health.....	137
Figura 40: Provedor de Contexto	138
Figura 41: Calibragem do Sensor de Temperatura.....	140
Figura 42: Posições do corpo do paciente.....	141
Figura 43: Ambiente de Coleta de dados	142
Figura 44: Dados coletados sensor de pressão.....	143
Figura 45: Coleta de dados (pulso, oxigênio, posição e temperatura) .	143
Figura 46: Visão geral das etapas desenvolvidas na tese	153

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Trabalhos Correlatos	33
Quadro 2: Representação das abordagens de Parâmetros de QoC	45
Quadro 3: Representação das abordagens de Parâmetros de QoC	46
Quadro 4: Nomenclatura de Parâmetros de QoC	52
Quadro 5: Quantificação de Parâmetros de QoC	53
Quadro 6: Associação entre Parâmetros e Fontes de QoC	54
Quadro 7: Relação entre QoCI e QoCP.....	55
Quadro 8: Tipo de Representação de QoC.....	56
Quadro 9: Demais temas sobre QoC	59
Quadro 10: Cenários dos estudos	60
Quadro 11: Comparativo entre metodologias de EC.....	67
Quadro 12: Ferramentas de EC para Web.....	75
Quadro 13: Abordagens de Representação de Contexto	77
Quadro 14: Comparativo entre a prova de conceito e o estudo experimental.....	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de instância por classe da ontologia.....	114
Tabela 2: Dados de saída da Simulação	135
Tabela 3: Temperatura Corporal	139
Tabela 4: Pressão Arterial	141
Tabela 5: Quantificação de QoC	145
Tabela 6: Quantificação de QoC com alerta.....	146
Tabela 7: Alerta para possível queda	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAL – *Ambient Assisted Living*
AAL JP - *Ambient Assisted Living Joint Programme*
CAS - *Context-Aware Service*
CUIDA - *Contexto Ubíquo Interno em Domicílios Assistidos*
DAML - *DARPA Agent Markup Language*
DW – *Data Warehouse*
EC - *Engenharia do Conhecimento*
FOAF - *Friend Of A Friend*
GPS - *Global Positioning System*
GSM - *Global System for Mobile Communications*
IA - *Inteligência Artificial*
KADS - *Knowledge Analysis and Design Support*
KDD - *Knowledge Discovery in Databases*
KDT - *Knowledge Discovery from Text*
LaPeSD – *Laboratório de Pesquisa em Sistemas Distribuídos*
MIKE - *Model-based and Knowledge Engineering*
MOKA - *Methodology and Tools Oriented to Knowledge-Based Engineering Applications*
OIL - *Ontology Inference Layer*
OntoKEM - Ontology for Knowledge Engineering and Management
OWL - *Ontology Web Language*
PME - *Pequenas e Médias Empresas*
PPGEGC - *Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento*
QA – *Question Answering*
QI - *Qualidade da Informação*
QoC - *Qualidade de contexto*
QoCI - *Indicadores de QoC*
QoCP - *Parâmetros de QoC*
QoD - *Qualidade de Dispositivos*
QoS - *Qualidade de Serviço*
RBC - *Raciocínio Baseado em Casos*
RDF - *Resource Description Framework*
RFID - *Radio Frequency Identification*
SBC - *Sistemas Baseados em Conhecimento*
SE – *Sistema Especialista*
TIC - *Tecnologias de Informação e Comunicação*
UML - *Unified Modelling Language*
W3C - *World Wide Web Consortium*

XML - Extensible Markup Language

XPK - Extreme Programming. Knowledge

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 ADERÊNCIA AO OBJETO DE PESQUISA DO PROGRAMA	29
1.2 OBJETIVOS	30
1.2.1 Objetivo Geral	31
1.2.2 Objetivos Específicos	31
1.3 ESCOPO E RELEVÂNCIA DO TRABALHO	31
1.4 INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA	32
1.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA	35
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO E PUBLICAÇÕES	37
2 QUALIDADE DE CONTEXTO	39
2.1 CONTEXTO	39
2.2 QUALIDADE DE CONTEXTO	40
2.3 TAXONOMIA DAS PUBLICAÇÕES SOBRE QoC	42
2.3.1. Parâmetros de QoC	44
2.3.2. Alternativas de Quantificação dos Parâmetros de QoC	53
2.3.3. Modelos de Representação de QoC	55
2.3.4. Demais Temas relacionados à QoC	58
2.3.5. Cenários aplicados aos Estudos	59
2.4 CONSIDERAÇÕES	60
3 ENGENHARIA DO CONHECIMENTO	63
3.1 HISTÓRICO DA EC	63
3.2 METODOLOGIAS	65
3.3 TÉCNICAS	69
3.4 FERRAMENTAS DE EC PARA WEB	73
3.5 CONSIDERAÇÕES	75
4 REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO DE QoC	77
4.1 ONTOLOGIAS	79
4.1.1 Classificação de Ontologias	80
4.1.2 Desenvolvimento de Ontologias	82
4.1.3 Justificativa para o uso de ontologias	83
4.2 ONTOLOGIAS DE CONTEXTO	84
4.3 ONTOLOGIAS DE QoC	92
4.4 CONSIDERAÇÕES	96
5 PROPOSTA DE UM MODELO DE CONHECIMENTO DE QUALIDADE DE CONTEXTO	99
5.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	99
5.2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE CONHECIMENTO	102

5.2.1 Ciclo 0 – Propósito e Escopo	103
5.2.2 Ciclo 1 – Levantamento das questões de competência e definição de termos	105
5.2.3 Ciclo 2 – Refinamento dos termos	107
5.2.4 Ciclo 3 – Prototipação	113
5.2.5 Ciclo 4 – Verificação do modelo.....	117
5.3. CONSIDERAÇÕES.....	120
6. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE CONTEXTO APLICADA A UM AMBIENTE ASSISTIDO - CUIDA.....	123
6.1 ARQUITETURA DE GERENCIAMENTO DE CONTEXTO	123
6.2 CENÁRIO.....	125
6.3 PROVA DE CONCEITO: AVALIAÇÃO DE QOC COM SIMULADOR DE CONTEXTO	127
6.3.1 Simulador de Contexto.....	127
6.3.2 Provedor de Contexto.....	128
6.3.3 Processamento de Contexto	128
6.3.4 Quantificador de QoC	128
6.3.5 Avaliador de QoC e Resultados Iniciais.....	133
6.3.6 Política de Segurança.....	136
6.4 ESTUDO EXPERIMENTAL COM A PLATAFORMA E- HEALTH	136
6.4.1 Plataforma de Sensores e-Health.....	136
6.4.2 Provedor de Contexto.....	137
6.4.3 Processamento de Contexto	142
6.4.4 Quantificador de QoC	144
6.4.5 Avaliador de QoC e Resultados	145
6.5 CONSIDERAÇÕES	149
7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	151
7.1 CONCLUSÕES.....	151
7.2 TRABALHOS FUTUROS.....	154
REFERÊNCIAS.....	157
APÊNDICE A – LISTA DE PUBLICAÇÕES.....	177
A1. PERIÓDICOS INTERNACIONAIS:	177
A2. PERIÓDICOS NACIONAIS:	177
A3. EVENTOS INTERNACIONAIS:	178
A4. EVENTOS NACIONAIS:.....	179
A5. EVENTOS REGIONAIS:	179
A6. APRESENTAÇÕES:.....	180
A7. ARTIGO ACEITO.....	180
A7. SUBMISSÕES EM AVALIAÇÃO	180

A8. ARTIGOS EM ELABORAÇÃO	181
A9. RESUMO DAS PUBLICAÇÕES	181
APÊNDICE B – ESCOPO DO PROJETO	183
APÊNDICE C – PERGUNTAS DE COMPETÊNCIA.....	185
APÊNDICE D – VOCABULÁRIO COMPLETO.....	187
APÊNDICE E – HIERARQUIA DE CLASSES.....	199
APÊNDICE F – DICIONÁRIO DE CLASSES	203
APÊNDICE G – CÓDIGO FONTE – LEITURA DE SENSORES	211
APÊNDICE H – CÓDIGO FONTE – LEITURA DE SENSOR PRESSÃO	213

1 INTRODUÇÃO

A computação ubíqua é um paradigma caracterizado pela presença de dispositivos portáteis, que estão cada vez mais fazendo parte das atividades diárias das pessoas. O termo computação ubíqua foi definido pelo cientista Mark Weiser, para se referir a dispositivos conectados em todos os lugares de forma transparente para o ser humano.

A computação ubíqua se beneficia de avanços tecnológicos de dois ramos de pesquisa: computação móvel e computação pervasiva. A computação móvel é a capacidade de um dispositivo computacional e os serviços associados serem móveis, podendo ser carregado e transportado, mantendo-se conectado à rede ou a Internet. A computação pervasiva define que os meios de computação estarão distribuídos no ambiente de trabalho ou do dia a dia dos usuários de forma perceptível ou imperceptível. Desta forma, a computação ubíqua é a integração entre mobilidade com sistemas e presença distribuída, em grande parte imperceptível, inteligente e altamente integrada aos computadores e suas aplicações para benefício dos usuários. O processamento das informações é integrado a atividades e objetos do dia a dia do usuário, compostos por dispositivos pequenos, baratos e robustos. Estes dispositivos computacionais podem estar localizados em vários lugares, como: nos veículos, tecidos, móveis, produtos que consumimos, entre outros (MOREIRA, 2011).

Alguns destes dispositivos possuem uma considerável capacidade de processamento, recursos de comunicação sem fio e armazenamento de dados. Possuem funcionalidades diversificadas e interfaces como GPS (*Global Positioning System*), rádio e TV, tocadores de áudio, câmeras digitais, sendo utilizados em aplicações de diversas áreas como: indústria, comércio, turismo, saúde, entretenimento. Este tipo de aplicação possui forte ligação com as características do mundo físico e dos perfis de seus usuários. Tais informações são chamadas de contextos e representam o elemento básico de entrada para a computação ciente ou sensível ao contexto (LOUREIRO et al., 2009).

De uma maneira geral, contexto pode ser definido como a relação entre o texto e a situação em que ele ocorre. Em informática, o contexto é formado pelas circunstâncias as quais se utiliza um determinado dispositivo. Para Dey (2001) o contexto é qualquer informação que possa ser utilizada para caracterizar a situação de entidades como: pessoa, lugar ou objeto, que sejam consideradas relevantes para interação entre um usuário e uma aplicação.

Diversas são as classificações de contexto encontradas na literatura (CHEN; KOTZ, 2000), (VIANA et al., 2007), (EMMANOUILIDIS; KOUTSIAMANIS; TASIDOU, 2013), (SCHUSTER et al., 2012). Para Chen e Kotz (2000) o contexto apresenta quatro dimensões compostas por: contexto computacional que lida com os aspectos técnicos, relacionados com capacidades e recursos computacionais; contexto físico que é acessível por meio de sensores e recursos como: localização, condição de tráfego, velocidade, temperatura, iluminação; contexto de tempo que capta informações de tempo, como de um dia, semana, mês, estação do ano, ano; contexto do usuário que está relacionado à dimensão social do usuário, como seu perfil, pessoas nas proximidades, situação social e preferências.

Estas informações de contexto podem ser utilizadas por sistemas ou aplicações com o objetivo de prover serviços mais otimizados e personalizados, aumentando a satisfação de seus usuários. Para Loureiro et al. (2009) também é possível minimizar o consumo de recursos como energia, processamento e comunicação através da utilização do contexto, permitindo a disponibilização de serviços mais precisos e dinâmicos.

A sensibilidade de contexto é um fator importante em ambientes ubíquos. Para tanto é necessário que as informações de contexto sejam confiáveis, ou seja, a qualidade de contexto deve ser garantida.

A Qualidade de Contexto (QoC) descreve a qualidade da informação que é usada para caracterizar o contexto. Assim, QoC refere-se à informação e não ao processo nem ao componente de *hardware* que, possivelmente, fornece as informações (BUCHHOLZ; KÜPPER; SCHIFFERS, 2003).

A qualidade das informações de contexto utilizadas na adaptação de serviços tem um impacto significativo sobre as experiências dos usuários com serviços sensíveis ao contexto, que pode ser positivo ou negativo, dependendo da QoC. Desta forma, a QoC pode auxiliar o usuário a estimar o comportamento de um serviço sensível ao contexto. A QoC também pode servir como um indicador para a seleção de um provedor de contexto, dispositivo que fornecerá o contexto, mais adequado.

A QoC não está exigindo informação de contexto perfeita, com a maior precisão possível e atualidade, mas é necessária uma estimativa correta da qualidade da informação (BELLAVISTA et al., 2012). Para estes autores uma das questões mais desafiadoras aberta desta área é a padronização de um (ou mais) *framework* de QoC com parâmetros gerais e parâmetros específicos de QoC para os aspectos principais de contexto (computação, tempo, físico e contexto de usuário). Estes parâmetros

específicos de QoC podem permitir uma gestão de adaptações mais efetivas e complexas.

Esta dificuldade em padronização de nomenclaturas e a construção de modelagens próprias para a QoC dificulta o entendimento e o compartilhamento de informações contextuais entre sistemas. Neste sentido, a Engenharia do Conhecimento pode auxiliar a construção de um modelo de QoC que facilite a representação de conhecimento de QoC. Sendo assim, pode-se melhorar o compartilhamento e interoperabilidade semântica neste domínio.

A Engenharia do Conhecimento (EC) tem o objetivo de fornecer métodos, técnicas e ferramentas para a construção de sistemas baseados em conhecimento de forma sistêmica e controlada (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998).

Algumas metodologias disponíveis para alcançar este objetivo são: CommonKADs (SCHREIBER et al., 2002), SPEDE (SHADBOLT; MILTON, 1999), MOKA (OLDHAM et al., 1998), MIKE (ANGELE; FENSEL; STUDER, 1996), VITAL (DOMINGUE; MOTTA; WATT, 1993). Como exemplos de técnicas da EC pode-se citar: sistemas especialistas, raciocínio baseado em casos, agentes inteligentes, redes neurais, algoritmos genéticos, inteligência coletiva, descoberta de conhecimento em bases de dados e textos (KDD e KDT), taxonomias, ontologias, entre outras.

Desta forma, tem-se as seguintes **perguntas de pesquisa**: Como estabelecer um modelo de conhecimento de Qualidade de Contexto para um ambiente ubíquo? Como a Qualidade de Contexto pode ser utilizada para apoiar ambientes assistidos?

1.1 ADERÊNCIA AO OBJETO DE PESQUISA DO PROGRAMA

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC) tem como objetivo formar pesquisadores comprometidos com o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento voltados à codificação, gestão e disseminação do conhecimento nas organizações e sociedade. O PPGEGC oferece três áreas de concentração: Engenharia do Conhecimento, Gestão do Conhecimento e Mídia e Conhecimento, que se articulam de forma interdisciplinar em suas linhas de pesquisa (PPGEGC/UFSC, 2015a) .

Os objetivos da área de Engenharia do Conhecimento incluem a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas e ferramentas para a formalização, codificação e gestão do conhecimento; de métodos de análise da estrutura e processos conduzidos por profissionais em

atividades de conhecimento intensivo; e a pesquisa e desenvolvimento de sistemas de conhecimento. As atividades de pesquisa, formação e desenvolvimento da área de Engenharia do Conhecimento encontram sinergia com as áreas de Gestão do Conhecimento e Mídia e Conhecimento nos seguintes aspectos (PPGEGC/UFSC, 2015b):

- Pesquisa e desenvolvimento de metodologias de identificação, representação e gestão de conhecimento;
- Aplicação de sistemas de conhecimento à gestão do conhecimento organizacional (formalização, memória e tomada de decisão);
- Aplicação de sistemas de conhecimento à interação homem-máquina, como suporte aos trabalhadores de conhecimento, inclusive na educação;
- Aplicação de sistemas de conhecimento em mundos virtuais interativos visando à melhoria da eficácia e eficiência dos processos de treinamento e capacitação.

De acordo com os objetivos do PPGEGC, esta tese é aderente ao Programa por desenvolver um modelo de conhecimento sobre conteúdo técnico-científico, formalizado e codificado na forma de ontologia.

Quanto à relevância da tese, esta é atrelada ao objetivo principal do PPGEGC, no que se refere à codificação e disseminação do conhecimento. E com relação aos objetivos da área de concentração da Engenharia do Conhecimento se enquadra na formalização e codificação do conhecimento através de ontologias.

O caráter interdisciplinar é percebido na interação entre várias áreas da Engenharia do Conhecimento e da Ciência da Computação como: web semântica, agentes inteligentes, inteligência artificial, computação móvel, computação sensível ao contexto, interação humano computador. As aplicações envolvidas em ambientes ubíquos que podem se beneficiar estão associadas a várias áreas como indústria, comércio, turismo, saúde, entretenimento, entre outros.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos desta proposta de tese.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta tese é pesquisar e desenvolver um modelo de conhecimento de qualidade de contexto para um ambiente ubíquo.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Investigar o tema Qualidade de Contexto, gerando um *survey* para mapear e analisar as principais publicações sobre este tema;
- Identificar as principais metodologias, técnicas e ferramentas de Engenharia do Conhecimento, definindo quais delas serão utilizadas na pesquisa;
- Desenvolver e verificar o modelo de conhecimento de QoC proposto, baseado nos procedimentos metodológicos definidos;
- Propor uma abordagem para avaliação de QoC, com base no modelo desenvolvido e demonstrar o seu uso no ambiente CUIDA - Contexto Ubíquo Interno em Domicílios Assistidos.

1.2 ESCOPO E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Esta pesquisa objetiva gerar um modelo de conhecimento de QoC, aplicado a um ambiente ubíquo assistido. Para isso, os trabalhos relacionados à sensibilidade de contexto e ambiente ubíquo foram estudados para o entendimento da utilização de QoC. Mas este trabalho não pretende apresentar e nem analisar todos os modelos propostos para estes assuntos, pois são bastante extensos e este não é o foco.

O foco desta tese é a Qualidade de Contexto, a partir dos estudos já realizados, deseja-se contribuir com a área, avançando com relação às pesquisas já desenvolvidas.

Este trabalho não visa o desenvolvimento de um produto / aplicação sensível ao contexto que utilize QoC, mas o desenvolvimento de um protótipo para verificação dos conceitos e métodos utilizados na definição deste trabalho e dos seus estudos de caso.

A relevância da proposta está na inovação de permitir a utilização da Qualidade de Contexto na tomada de decisão em sistemas sensíveis ao contexto. A expectativa é que o bom uso da QoC poderá ter um impacto significativo e positivo, beneficiando estes sistemas, principalmente quando envolve situações de risco ou perigo ao usuário.

A utilização de ontologia contribuiu para a representação de conhecimento, facilitando o entendimento entre pessoas e sistemas, além de proporcionar interoperabilidade e maior reuso. Destaca-se aqui, que a ontologia foi utilizada para modelar os principais aspectos encontrados na literatura relacionados com qualidade de contexto, visando auxiliar pesquisadores e desenvolvedores de computação ciente de contexto que optarem em utilizar QoC. Nesta etapa a ontologia auxiliou o desenvolvimento da arquitetura e avaliação de QoC propostas. A utilização de ontologia no experimento propriamente dito, está prevista nos trabalhos futuros.

1.3 INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA

Durante a pesquisa bibliográfica realizada neste estudo, diversos trabalhos correlatos foram encontrados na literatura, envolvendo simulação de contexto, uso de QoC, cenários relacionados à saúde, casa inteligente, entre outros. O Quadro 1 lista os trabalhos com uma maior relação ao estudo realizado nesta tese.

No capítulo 2, diversos outros trabalhos são citados no detalhamento do levantamento bibliográfico realizado e na elaboração da taxonomia de QoC. Os trabalhos já publicados foram utilizados como suporte no embasamento do estudo.

Após a definição da utilização de um cenário AAL para demonstrar a proposta de avaliação de QoC, conheceu-se um programa europeu chamado *Ambient Assisted Living Joint Programme* (AAL JP). A AAL JP é uma atividade de financiamento que visa a criação de melhores condições de vida para os idosos e fortalecer as oportunidades industriais na Europa através do uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC). O programa realiza seu mandato através do financiamento de projetos nacionais (com pelo menos três países envolvidos) que envolve pequenas e médias empresas (PME), entidades de pesquisa e organizações de usuário (que representam os idosos) (AALJP, 2015).

Existe um catálogo de projetos com mais de cento e cinquenta projetos em andamento, não foi localizado o uso de QoC nestes trabalhos. Mas de qualquer forma, esta iniciativa mostra a importância desta área de atuação e como outros países já estão investindo em pesquisa com a temática AAL.

Quadro 1: Trabalhos Correlatos

Artigo	Descrição
(HEGERING; LINNHOF-POPIEN, 2003)	Introduzem uma aplicação de conselho médico e sistema de emergência, abordando principalmente os desafios, QoC é considerado como trabalho futuro.
(HUEBSCHER; MCCANN, 2004)	Definem alguns parâmetros de QoC, citando o cenário de casa inteligente, mas não é o foco do trabalho.
(KIM; CHOI, 2006)	Apresentam um modelo de contexto baseado em ontologia em ambiente de computação ubíqua, no domínio de uma casa. Este modelo não trata QoC.
(WIDYA; BEIJNUM; SALDEN, 2006)	Desenvolvem um modelo algébrico de QoC com as dimensões <i>freshness</i> , <i>availability</i> e <i>cost</i> , ilustra aplicando a um serviço móvel de cuidado com saúde. Este modelo não utiliza ontologia, não há detalhes sobre a implementação.
(PARK et al., 2007)	Apresentam um sistema de simulação sensível ao contexto, chamado CASS, que gera as informações de contexto associadas à sensores virtuais e dispositivos virtuais em um domínio de casa inteligente. Não é utilizado QoC.
(SHEIKH; WEGDAM; SINDEREN, 2008)	Descrevem a quantificação de alguns parâmetros de QoC e propõe um <i>Framework</i> com políticas de privacidade baseado em QoC aplicado ao cenário de tele monitoramento de saúde, sem utilização de ontologia.
(BRGULJA et al., 2009)	Simulam um cenário de casa inteligente e aplica o método CPM (<i>Context Pattern Method</i>) para calcular a <i>probability of correctness</i> (dimensão de QoC).
(ROUSSAKI et al., 2009)	Utilizam o contexto capturado para personalização de serviços de um ambiente de casa inteligente, mas não detalha QoC no trabalho.
(TEIXEIRA et al., 2009)	Descreve o uso da técnica de ontologia e cachê semântico para um sistema de assistência médica de emergência móvel, sem utilizar QoC.
(MCNAULL et al., 2012)	Desenvolvem um modelo conceitual de AAL em camadas e um exemplo de arquitetura

	AAL, discutindo a importância da QoC neste ambiente.
(HOSSAIN et al., 2012)	Simulam um ambiente de casa inteligente, este trabalho propõe um novo mecanismo de interação que considera a qualidade da informação de contexto a fim de ajustar dinamicamente o nível de interação implícito no contexto de um ambiente multimídia.
(ROY; DAS; JULIEN, 2012)	Apresentam um <i>framework</i> para suporte a contexto ambíguo baseado em redes bayesianas dinâmicas, utiliza o parâmetro de QoC <i>accuracy</i> e o estudo aborda cuidados médicos, com sensores sunspot.
(SILVA; DANTAS, 2013)	Propõem uma abordagem que elimina redundâncias e inconsistências com base na política de QoC adotada que avalia <i>accuracy</i> , distância e tempo. São utilizados dispositivos com GPS e é demonstrada a redução do consumo de bateria.

Considerando a literatura pesquisada, o ineditismo desta tese é percebido em três pontos principais: o modelo de conhecimento desenvolvido, integrando os principais conceitos e relações de QoC; a abordagem para avaliação de QoC proposta, adotando um conjunto de parâmetros de QoC diferenciado; a aplicação desta abordagem em um cenário assistido com a utilização de sensores biomédicos.

Desta forma, a pesquisa realizada contempla uma lacuna identificada na literatura, sendo que suas principais contribuições científicas são:

- Revisão de literatura aprofundada sobre QoC, com a publicação de uma Taxonomia dos temas abordados pelas pesquisas, auxiliando a identificação de alguns desafios nesta área;
- Levantamento bibliográfico amplo sobre Engenharia do Conhecimento, proporcionando uma visão global desta disciplina;
- Revisão bibliográfica sobre a abordagem de representação de conhecimento ontologia, assim como ontologias de contexto e QoC encontradas na literatura;
- Disponibilização de um modelo de conhecimento de QoC que integra informações de diversas origens, através de ontologia, melhorando a representação de conhecimento neste domínio. Este modelo pode auxiliar muitos pesquisadores e desenvolvedores de *software* desta área;

- Demonstração da utilização dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da ontologia, que podem ser seguidos/adaptados para outros domínios;
- Abordagem diferenciada para avaliação de QoC. Como principal contribuição tem-se a arquitetura de gerenciamento de contexto proposta e os módulos quantificador de QoC e avaliador de QoC;
- Demonstração do uso da avaliação proposta em simulação e certificação dos resultados obtidos em um ambiente real com sensores (CUIDA);

Mostrar a importância da pesquisa voltada a *Ambient Assisted Living* (AAL) e como o uso da tecnologia pode melhorar a qualidade de vida de idosos ou pessoas com necessidades especiais.

1.4 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A classificação desta pesquisa, de acordo com Wazlawick (2010), tem a natureza original porque busca apresentar conhecimento novo a partir de observações e teorias construídas para explicá-lo. Em relação aos objetivos, ela é classificada como exploratória porque não pretende descrever os fatos, nem buscar suas causas e explicações. Quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho inclui pesquisa bibliográfica na fase inicial. Pela dificuldade na realização da pesquisa experimental, pois há a necessidade de uma diversidade de resultados estatisticamente aceitáveis e generalizáveis, será realizada a pesquisa de levantamento, onde os dados serão buscados no ambiente protótipo e após análise podem ser tomadas conclusões sobre causas e efeitos. A argumentação e o convencimento verificam a consistência de uma técnica, modelo ou teoria de pesquisas em áreas emergentes e novas, onde os pesquisadores têm dificuldade em obter dados em quantidade suficiente para dar suporte empírico a suas conclusões.

Nas etapas iniciais deste trabalho foi utilizada a pesquisa bibliográfica, em todo o levantamento bibliográfico envolvido, como nas pesquisas sobre ambiente ubíquo, sensibilidade de contexto, qualidade de contexto, trabalhos relacionados, metodologias, técnicas e ferramentas de EC, ontologias de QoC. Buscas sistemáticas em algumas bases de dados foram realizadas, como *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar* e *Google Acadêmico*.

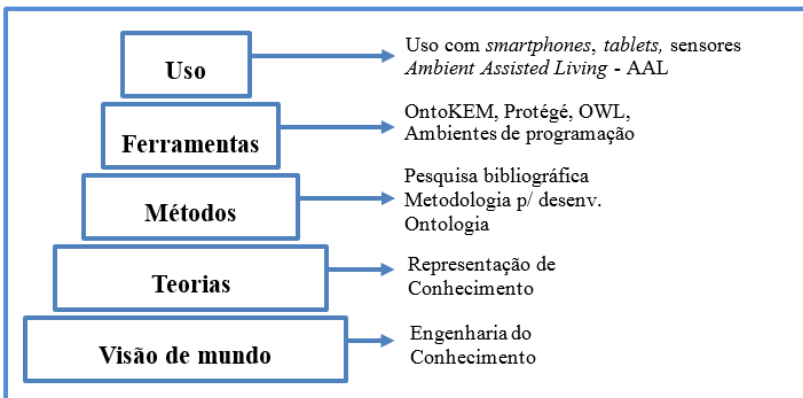
Após a estruturação dos estudos realizados, foi definido o uso de ontologia e escolhida a metodologia para o desenvolvimento e verificação do modelo de conhecimento de QoC.

Com base no modelo desenvolvido, uma abordagem para avaliação de QoC foi proposta. Com a finalidade de verificar a consistência desta abordagem foi utilizada a pesquisa de levantamento, através de um ambiente protótipo de um cenário assistido, dividido em duas etapas:

- Prova de conceito: etapa inicial que utilizou um simulador de contexto;
- Estudo experimental: segunda etapa onde foi realizado um experimento com sensores biomédicos.

Esta pesquisa seguiu a abordagem da pirâmide metodológica proposta por Schreiber et al. (2002), que está descrita no capítulo 3. A pirâmide metodológica da pesquisa pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1: Pirâmide Metodológica da pesquisa



Como ilustrado na Figura 1, o bloco ‘visão de mundo’ compreende os temas Qualidade de Contexto e Engenharia de Conhecimento, onde estes princípios formam a base da abordagem a ser trabalhada.

No bloco de ‘teorias’ tem-se a representação de conhecimento, com a ontologia como princípio científico que dará base ao modelo de conhecimento proposto.

O componente da pirâmide ‘métodos’ compreende os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa: pesquisa

bibliográfica, a metodologia para desenvolvimento de ontologia, pesquisa de levantamento (prova de conceito e estudo experimental).

Já as ‘ferramentas’ ou instrumentos para aplicar os métodos que podem ser utilizados para o desenvolvimento da ontologia são as ferramentas OntoKEM, Protégé, a linguagem OWL, além de outros ambientes de programação necessários para o desenvolvimento do ambiente protótipo, como simulador de contexto e Arduino.

O bloco ‘uso’ é representado por um protótipo que utilize o modelo proposto, através de dispositivos móveis como *smartphones* ou *tablets*, além de sensores em um cenário *Ambient Assisted Living*. Esta experiência por meio do uso do modelo permite um *feedback*.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO E PUBLICAÇÕES

Nesta seção está descrita a forma de organização do texto em capítulos, além de citar as publicações que foram geradas a partir dos estudos realizados em cada capítulo. No apêndice A, encontra-se a lista completa de publicações.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica inicial deste trabalho, abordando o tema Qualidade de Contexto. Neste capítulo é realizada uma revisão sistemática de literatura e uma taxonomia é proposta, onde se destacaram os temas: definições e propostas de parâmetros de QoC, alternativas para suas quantificações, os modelos de representação de contexto com QoC, outros temas abordados e cenários utilizados. Baseado neste capítulo foi publicado o artigo: (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2012b).

O capítulo 3 aborda o termo Engenharia do Conhecimento, com definição, histórico da EC e levantamento sobre as principais metodologias, técnicas e ferramentas de EC para web. Alguns artigos foram publicados utilizando partes do estudo deste capítulo sobre EC: (TODESCO et al., 2011), (NAZÁRIO et al., 2012), (NAZÁRIO; SELL; GAUTHIER, 2012), (NAZÁRIO; ROTTA; DANTAS, 2012a), (NAZÁRIO; ROTTA; DANTAS, 2012b), (NAZÁRIO; DANDOLINI; SOUZA, 2012), (NAZÁRIO et al., 2013), (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2014c).

O capítulo 4 descreve a representação de conhecimento no domínio de QoC apresentando algumas abordagens e focando em ontologia. O levantamento aborda algumas características da técnica ontologia, assim como algumas ontologias de contexto e QoC encontradas na literatura. Com base neste capítulo foi publicado o artigo (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2012a).

No capítulo 5 é então apresentado o modelo de conhecimento de qualidade de contexto proposto, descrevendo os procedimentos metodológicos adotados na criação do modelo e seus ciclos de desenvolvimento. Um estudo inicial sobre ontologia de contexto e QoC foi apresentado em (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2013). Alguns artigos que abordam o modelo de conhecimento desenvolvido foram submetidos e estão em avaliação: (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2015b), (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2015c).

O capítulo 6 descreve a continuidade da pesquisa, apresentando a arquitetura de gerenciamento de contexto proposta para a avaliação de QoC, o cenário escolhido, a simulação da avaliação de QoC, os resultados iniciais, o experimento com a plataforma de sensores biomédicos e os resultados do experimento. Foram publicados os seguintes artigos relacionados principalmente a este capítulo: (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2014a), (NAZÁRIO et al., 2014a), (NAZÁRIO et al., 2014b), (NAZÁRIO et al., 2014c), (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2014b). Um artigo está em avaliação para apresentação em evento (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2015a).

Foram realizadas ainda duas apresentações sobre o trabalho realizado na tese. A primeira para o seminário da Rede Temática de Comunicações Móveis, realizado na cidade do Porto, em Portugal (NAZÁRIO; DANTAS, 2013) e a segunda para Semana de Computação e Informática no IFC em Videira, SC (NAZÁRIO; MENEGAZZO, 2013).

O capítulo 7 apresenta as conclusões sobre o trabalho realizado, além de recomendações para trabalhos futuros. Na sequência são listadas as referências bibliográficas utilizadas e os apêndices.

2 QUALIDADE DE CONTEXTO

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura sobre Qualidade de Contexto (QoC), propondo uma taxonomia dos temas abordados pelos trabalhos pesquisados e identificando alguns desafios.

O capítulo está organizado nos seguintes tópicos: Contexto; Qualidade de Contexto; Taxonomia das publicações sobre QoC, onde se destacaram os temas: definições e propostas de parâmetros de QoC, alternativas para suas quantificações, os modelos de representação de QoC, outros temas abordados e cenários utilizados; por último tem-se as considerações sobre o conteúdo abordado no capítulo.

2.1 CONTEXTO

Uma definição de contexto bastante utilizada pelos pesquisadores, é a proposta por Dey (2001), onde contexto é qualquer informação que possa ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, lugar ou objeto que sejam considerados relevantes para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o usuário e a aplicação. Ainda para este autor, um sistema é sensível ao contexto se ele usa contexto para fornecer informações relevantes e / ou serviços para o usuário, onde relevância depende da tarefa do usuário.

Desta forma, um sistema pode utilizar estas informações relevantes e conseqüentemente prover serviços mais otimizados e personalizados, aumentando a satisfação dos usuários. Segundo Loureiro et al. (2009) também é possível minimizar o consumo de recursos como energia, processamento e comunicação através da utilização do contexto, disponibilizando serviços mais precisos e dinâmicos.

De acordo com Chen e Kotz (2000) o contexto apresenta quatro dimensões compostas por:

Contexto computacional: lida com os aspectos técnicos relacionados com capacidades e recursos computacionais;

Contexto físico: é acessível por meio de sensores e recursos como localização, condição de tráfego, velocidade, temperatura, iluminação entre outros;

Contexto de tempo: capta informações de tempo, como de um dia, semana, mês, estação do ano, ano, etc.;

Contexto do usuário: está relacionado à dimensão social do usuário, como seu perfil, pessoas nas proximidades, situação social, preferências, etc.

Outras classificações são encontradas na literatura como a classificação de Viana et al. (2007) que apresenta cinco dimensões para as informações de contexto: computacional, espacial, temporal, temporal espacial e social.

Já Emmanouilidis, Koutsiamanis e Tasidou (2013) classificam em: sistema, ambiente, serviço, usuário e social. Schuster et al. (2012) definem uma taxonomia para classificação do contexto social pervasivo com base nas questões *where*, *when*, *who* e *how*, com quatro dimensões: espaço, tempo, pessoa e informação. Além das questões *why* e *what* em contexto de domínio específico.

Alguns trabalhos do grupo de pesquisa LaPeSD - Laboratório de Pesquisa em Sistemas Distribuídos - abordam sensibilidade de contexto podem ser citados, como: D'Agostini et al. (2008) que utilizam o contexto do usuário para buscas semânticas contextuais; Lima et al. (2011a, 2011b), Rocha et al. (2010, 2011) que tratam da autenticação de sistemas sensíveis a contexto em ambiente pervasivo e móvel.

Em ambientes ubíquos, um dos muitos fatores importantes é a sensibilidade de contexto. Mas as informações de contexto podem não ser confiáveis ou úteis, sendo um problema de qualidade da informação de contexto. Sendo assim, um ponto importante na sensibilidade de contexto é que a informação de contexto seja confiável, isto é, a qualidade deve ser assegurada (KIM; LEE, 2006).

2.2 QUALIDADE DE CONTEXTO

Para Buchholz, Küpper e Schiffers (2003) a Qualidade de contexto (QoC) descreve a qualidade da informação que é usada como de contexto. Assim, QoC refere-se à informação e não ao processo, nem ao componente de *hardware* que fornece as informações.

A definição de QoC para Krause e Hochstatter (2005) é qualquer informação inerente que descreve informação de contexto e pode ser usada para determinar o valor da informação para uma aplicação específica. Isso inclui informações sobre o processo de provisionamento que a informação foi submetida (“histórico”, “idade”), mas não tratam de estimativas sobre os passos de provisionamentos futuros.

Buchholz, Küpper e Schiffers (2003) apontam as diferenças entre Qualidade de Contexto (QoC), Qualidade de Serviço (QoS) e Qualidade de Dispositivos (QoD).

Enquanto QoC descreve a qualidade da informação de contexto, QoS se refere à qualidade de um serviço. QoS é qualquer informação que descreve o quão bem um serviço é realizado. Serviços são executados em

componentes de *hardware*, estes dispositivos possuem também uma qualidade, chamada Qualidade de Dispositivos (QoD). QoD é qualquer informação sobre as características técnicas e capacidades de um dispositivo.

Para exemplificar, tem-se uma rede GSM (*Global System for Mobile Communications*) que pode localizar dispositivos finais. Isto pode ser feito usando o identificador da célula da estação de base a que um telefone móvel está conectado ou por triangulação. A escolha de um ou outro método influencia o tempo de localização do dispositivo (QoS) e quanto precisa a informação de localização será (QoC). A distância entre as estações de base (QoD), no entanto, é um fator que limita a precisão da informação de posição (QoC). Assim, QoC, QoS e QoD são desiguais (BUCHHOLZ; KÜPPER; SCHIFFERS, 2003).

Huebscher e Mccann (2004) afirmam que QoC difere de QoS, pois as informações de contexto têm métricas de qualidade, mesmo quando não é fornecido como um serviço para todos os clientes.

De uma forma mais genérica pode-se encontrar o conceito de Qualidade da Informação (QI) utilizado para qualquer tipo de informação. Nazário, Silva e Rover (2012) realizam a avaliação da qualidade da informação de um portal web baseada nos critérios do *framework* de QI de (EPPLER, 2006).

Ainda relacionado à qualidade da informação, no trabalho de Kim e Lee (2006) é feita uma relação entre as dimensões de QI e parâmetros de QoC.

Em Buchholz, Küpper e Schiffers (2003) os autores apresentam algumas justificativas para a necessidade de QoC:

- Informações de contexto são usadas para adaptar automaticamente o conteúdo ou serviços fornecidos. Portanto, a imperfeição de informações de contexto tem um impacto significativo sobre as experiências dos usuários com serviços sensíveis ao contexto (CAS – *context-aware service*);
- QoC ajuda o usuário a reconstruir, interpretar e estimar o comportamento de um CAS, ou seja, a entrega de um determinado conteúdo, a ativação ou finalização de um CAS, ou o *workflow* do processo CAS. QoC deve ser disponibilizada a pedido dos usuários ou se a QoC for imperfeita;
- QoC é um indicador valioso para selecionar um provedor de contexto apropriado. O Provedor de CAS pode selecionar um provedor de contexto adequado com base na QoC oferecida e no preço da informação de contexto;

- QoC permite especificar as políticas de acesso de uma forma mais refinada. Sem QoC o proprietário do contexto só poderia determinar quem tem permissão para acessar parte de seu contexto. Com QoC, por exemplo, um proprietário de contexto pode conceder a permissão de que um determinado grupo pode acessar sua localização atual, mas apenas com uma precisão de 10 quilômetros e com um atraso de algumas horas. Assim, QoC permite políticas de privacidade mais sofisticadas.

Informações de contexto de alta qualidade desempenham um papel fundamental na adaptação de um sistema onde as situações mudam rapidamente. No entanto, a diversidade das fontes de informação de contexto e as características dos dispositivos de computação impactam fortemente na qualidade de informações de contexto em ambientes de computação pervasiva (MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2008).

Segundo Bellavista et al. (2012) alguns autores apresentaram o seu *framework* próprio de QoC, introduzindo e usando os mesmos conceitos com nomes diferentes. No entanto, apesar dessas diferenças, um pensamento comum pode ser destacado, QoC não está exigindo informação de contexto perfeita, com a maior precisão possível e atualidade, mas é necessária uma estimativa correta da qualidade da informação. Também se deve considerar que muita pesquisa tem reconhecido a abordagem de introduzir a qualidade da distribuição das informações de contexto (tempo de entrega de dados, confiabilidade, etc.) para garantir a disponibilidade das informações de contexto com a qualidade certa, no lugar certo e na hora certa.

A seguir é apresentada uma taxonomia das publicações encontradas na literatura sobre qualidade de contexto.

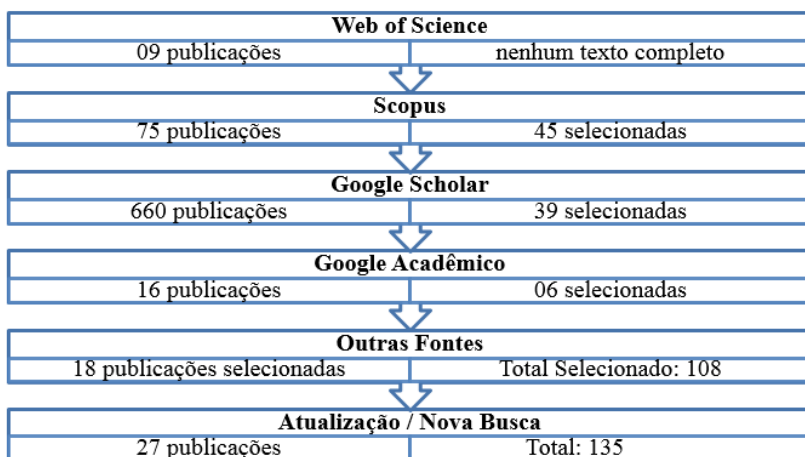
2.3 TAXONOMIA DAS PUBLICAÇÕES SOBRE QoC

Nesta etapa inicial foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre Qualidade de Contexto. O processo de desenvolvimento deste estudo consistiu em três etapas: coleta de dados, análise de dados e síntese e representação dos dados (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2012b).

A coleta de dados inicial foi realizada nas bases: *Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar* e *Google Acadêmico*. O termo de busca foi “*quality of context*” e “qualidade de contexto” para a última base. As quantidades de trabalhos localizados e selecionados estão representadas na Figura 2. Vale ressaltar, que para este estudo só foram selecionados trabalhos com texto completo disponível, sendo que em cada nova busca

excluiu-se as publicações já selecionadas. Além das bases citadas, outros trabalhos ainda foram localizados de formas variadas, categorizados como outras fontes. Os trabalhos foram selecionados nesta fase através da leitura do título, resumo e uma rápida leitura do artigo.

Figura 2: Processo de coleta de dados

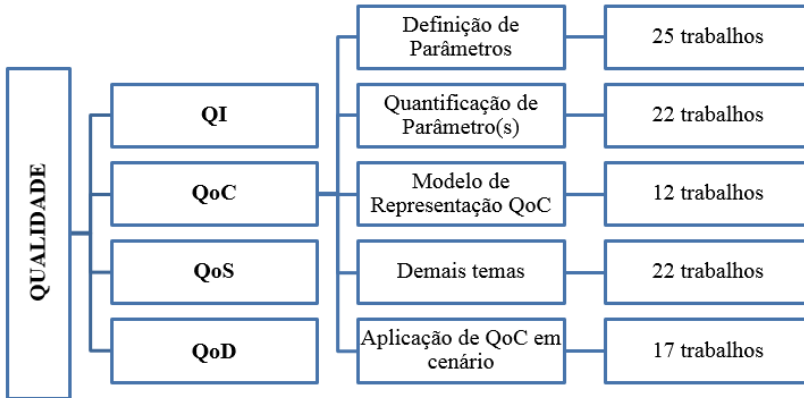


A coleta de dados inicial foi realizada em julho de 2012 e uma atualização da busca foi realizada em fevereiro de 2013, onde foram incluídas 27 publicações.

Após a seleção do material, a etapa seguinte é a análise para então elaborar a síntese e representação dos dados. Com o material selecionado, a análise foi iniciada com uma leitura mais atenta de cada uma das publicações. Elaborou-se um quadro auxiliar com algumas informações como autores, título, parâmetros de QoC tratados, técnica ou método utilizado e observação. Após a leitura de todos os trabalhos, o quadro resumo serviu para auxiliar uma classificação destes trabalhos, estas categorias ou temas abordados estão representados na Taxonomia da Figura 3.

Os trabalhos selecionados tratam especificamente de QoC e os temas que se destacaram no conjunto estudado foram: definição de parâmetros de QoC, alternativas de quantificação de parâmetros de QoC, modelos de representação de QoC, demais temas abordados e aplicação de QoC em determinados cenários. Cada um destes temas é apresentado a seguir.

Figura 3: Taxonomia das publicações de QoC



2.3.1. Parâmetros de QoC

Nesta categoria se enquadram vinte e cinco trabalhos, onde um conjunto de parâmetros é definido e/ou um ou mais parâmetros são propostos. Outros autores geralmente se apoiam em alguns destes trabalhos para utilizar um conjunto de parâmetros de QoC. Optou-se por manter os termos em inglês para evitar distorções nas traduções.

As diversas abordagens encontradas na literatura foram representadas no Quadro 2 e no Quadro 3. Nestes quadros cada coluna representa uma abordagem de determinados autores, nas linhas estão agrupados parâmetros considerados semelhantes entre as abordagens. Como exemplo, tem-se as linhas 5, 6 e 7 com parâmetros de QoC relacionados ao tempo, como: *Frequency*, *Timeliness*, *Up-to-dateness*, *Freshness*, *Delay time*, *Age*, *Refresh rate*, *Temporal scope*, *Time locality*, *Measurement time* e *Data retrieval time*.

Seguindo a sequência cronológica das publicações, serão descritas as definições dos parâmetros de QoC propostos pelos autores estudados.

Dey (2001) desenvolveu um *framework* para aplicações sensíveis ao contexto. Como extensão ao seu trabalho, são citadas algumas métricas de QoS que começaram a ser utilizadas como parâmetros de QoC por outros autores. As métricas são:

Reliability: define o quão tolerante a aplicação é em relação a falhas de sensores; para Luo Ren e Jon Tong Seng (2009) é a probabilidade de acerto nas informações fornecidas dada a fonte de detecção de restrições. Este parâmetro diz respeito à confiabilidade da

Quadro 2: Representação das abordagens de Parâmetros de QoC

	(DEY, 2001)	(GRAY; SALBER, 2001)	(BUCHHOLZ; KUPPER; SCHIFFERS, 2003)	(HUEBSCHER; MCCANN, 2004)	(GU et al., 2004)	(KIM; LEE, 2006)	(BU et al., 2006)	(WIDYA; BEJUNIM; SULDEN, 2006)	(ZIMMER, 2006a)	(SHEIKH; WEGDAM; SINDEREN, 2007)	(MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2008)
1	Reliability		Trust-worthiness						Reliability		Trust-worthiness
2	Coverage	Coverage									
3	Resolution	Resolution	Resolution	Resolution	Resolution					Spatial resolution	
4										Temporal resolution	
5	Frequency	Frequency		Refresh rate							
6	Timeliness	Timeliness	Up-to-dateness	Up-to-dateness	Freshness	Up-to-dateness	Delay time	Freshness	Age	Freshness	Up-to-dateness
7											
8		Accuracy	Precision	Precision	Accuracy					Precision	Precision
9		Repeatability									
10			Prob. of correctness	Prob. of correctness	Certainty	Accuracy	Correctness probability			Prob. of correctness	
11						Completeness					Completeness
12						Representation consistency	Consistency probability				Representation consistency
13						Access security		Availability			Access security
14								Cost			
15											
16									Degree of relationship		
17											Significance
18											
19									Spatial origin		

fonte de fornecer dados livres de erro ao executar de acordo com a sua especificação;

Coverage: define o conjunto de todos os valores possíveis para um atributo de contexto;

Resolution: define a alteração real (variável do mundo real) que é necessária para o atributo de contexto alterar. Poderia ser a precisão das informações ou a granularidade escolhida; para Gray e Salber (2001) é o menor elemento perceptível;

Frequency: define quantas vezes a informação precisa ser atualizada; para Gray e Salber (2001) é a taxa de amostragem, o equivalente temporal de resolução;

Timeliness: define o tempo que a aplicação permite entre a mudança de contexto real e a notificação relacionada com a aplicação. Ex. Tempo para acendimento de uma lâmpada, a partir da detecção de uma pessoa; para Gray e Salber (2001) é a faixa de erro em termos de tempo de alguns fenômenos; para Luo Ren e Jon Tong Seng (2009) está relacionado com a idade das informações recebidas, onde informações mais recentes geralmente são mais relevantes em relação às mais velhas.

O modelo de qualidade utilizado por Gray e Salber (2001) considera os seguintes atributos de QI: *Coverage, Resolution, Frequency, Timeliness, Accuracy, Repeatability*, onde:

Accuracy: define a faixa em termos de uma medida da propriedade; para Villalonga et al. (2009) é o grau de proximidade do valor do atributo de contexto com a situação real;

Repeatability: estabilidade de medida ao longo do tempo.

Buchholz, Küpper e Schiffers (2003) consideram que os parâmetros de QoC mais importantes são *Trust-worthiness, Resolution, Up-to-dateness, Precision* e *Probability of correctness*, para estes autores:

Trustworthiness: descreve a probabilidade da informação fornecida ser correta. É utilizado pelo provedor de contexto para avaliar a qualidade do agente a partir do qual o prestador de contexto originalmente recebe informação de contexto;

Up-to-dateness: descreve a idade da informação de contexto. Em geral, será especificado pela adição de um carimbo de tempo à informação de contexto. Assim, uma sincronização do relógio entre a fonte de contexto e o “dissipador” de contexto é necessária;

Precision: descreve exatamente como as informações de contexto fornecidas espelham a realidade; para Luo Ren, Jon Tong Seng (2009) é definida como a granularidade de informação correspondente a sensibilidade de medição do provedor de contexto;

Probability of correctness: este parâmetro indica a probabilidade de uma parte da informação de contexto ser correta ou corresponder à situação real.

Segundo Buchholz, Küpper e Schiffers (2003) é necessário uma classificação das informações de contexto, pois parâmetros de QoC podem variar dependendo da classe de informações de contexto que se referem.

Huebscher e Mccann (2004) utilizam os seguintes atributos: *Resolution*, *Refresh rate*, *Up-to-dateness*, *Precision*, *Probability of correctness*, onde:

Refresh rate: está relacionado com *Up-to-dateness* e descreve a frequência com que é possível ou desejado receber uma nova medição; equivale a *Frequency* de outras abordagens.

Gu et al. (2004) definem quatro tipos de parâmetros de qualidade: *Resolution*, *Freshness*, *Accuracy*, *Certainty*.

Freshness: o tempo de produção e tempo de vida médio de uma medição; para Widya, Beijnum e Salden (2006) indica o grau de *up-to-dateness* (idade) dos dados de contexto; para Sheikh, Wegdam e Sinderen (2007) é o tempo que decorre entre a determinação da informação de contexto e a sua entrega ao requerente; para Corradi, Fanelli e Foschini (2010) é um valor lógico que expressa se a infraestrutura deve garantir a recuperação da versão mais recente dos dados;

Certainty: a probabilidade para descrever o estado de maneira correta.

Kim e Lee (2006) relacionam dimensões de QI e parâmetros de QoC, selecionando cinco dimensões para medir a qualidade de informações de contexto, *Up-to-dateness*, *Accuracy*, *Completeness*, *Representation consistency*, *Access security*:

Accuracy: medida dos dados serem corretos e confiáveis; probabilidade de uma parte da informação de contexto estar correta (outros autores utilizam *Probability of correctness* com este significado);

Completeness: é o grau em que as informações de contexto estão disponíveis, suficientes e não ausentes;

Representation consistency: os dados devem ser representados em um mesmo formato (consistente);

Access security: acesso restrito para manter a segurança; para Bringel Filho et al. (2010) é a probabilidade de que as informações de contexto sejam entregues em segurança para os consumidores de contexto.

Para medir a qualidade do contexto Bu et al. (2006) utilizam três parâmetros:

Delay time: é o intervalo de tempo entre o momento em que a situação acontece no mundo real e o momento em que a situação é reconhecida em computadores;

Context correctness probability: é a probabilidade de que contextos em computadores coincidam com as situações no mundo real;

Context consistency probability: mede a taxa de consistência da informação de contexto (a probabilidade de que contextos em computadores sejam consistentes).

Widya, Beijnum e Salden (2006) utilizam as dimensões de qualidade, *Freshness*, *Availability* e *Cost*:

Availability: considera a disponibilidade de estado estável, e assume que todos os elementos de disponibilidade de recursos (unidades de processamento e *links* de comunicação) são independentes entre si;

Cost: é o custo monetário associado ao provisionamento de serviços de contexto, focando nos custos variáveis e taxas de assinaturas de serviços.

Zimmer (2006a) seleciona quatro atributos de QoC: *Reliability*, *Age*, *Degree of relationship* e *spatial origin*. Neste trabalho é proposto um método que estabelece uma medida de grau de relação de contextos (*degree of relationship*), baseado em ideias derivadas da genética biológica e algoritmos genéticos.

Sheikh, Wegdam e Sinderen (2007) identificam e definem cinco indicadores de QoC: *spatial resolution*, *temporal resolution*, *freshness*, *precision* e *probability of correctness*.

Spatial resolution: é a precisão com que a área física, para a qual uma instância de informação de contexto é aplicável, é expressa;

Temporal resolution: é o período de tempo em que uma instância de informação de contexto é aplicável.

Manzoor, Truong e Dustdar (2008) inclui o parâmetro:

Significance: que indica o valor ou a preciosidade (importância) da informação de contexto em uma situação específica. Seu valor é de particular importância em situações que envolvem risco de vida para os seres humanos.

Para Neisse, Wegdam e Sinderen (2008) os problemas identificados com os atuais modelos de QoC é que eles não seguem uma terminologia padrão e nenhum deles diferencia claramente atributos de qualidade relacionados com instâncias de informação de contexto (por exemplo, *accuracy* e *precision*).

Villalonga et al. (2009) apresentam vários parâmetros de QoC que foram identificados na literatura, numa tentativa de unificar os nomes para parâmetros que descrevem os mesmos conceitos:

Spatial Scope: área física ou virtual ou domínio dentro do qual o valor do atributo de contexto é válido;

Temporal Scope: período de tempo que um valor de atributo de contexto é válido após a sua medição;

Measurement time: tempo da última medição do valor do atributo de contexto;

Origin: identificador do sensor, processador ou fonte de contexto, que fornece a medição do atributo de contexto.

Luo Ren e Jon Tong Seng (2009) consideram o seguinte conjunto de parâmetros de QoC, *Reliability*, *Timeliness*, *Precision* e *Integrity*:

Integrity: refere-se à credibilidade e confiabilidade da fonte de contexto. Provedores de contexto de alta integridade contribuem com informações altamente relevantes.

Toninelli e Corradi (2009) adotam os seguintes parâmetros de QoC na ontologia utilizada: *Trust-worthiness*, *Resolution*, *Freshness*, *Precision*, *Correctness* e *Relevance*, mas não são apresentadas as definições, sendo assim, supõe-se que:

Relevance: equivalente a *significance* em Manzoor, Truong e Dustdar (2008).

Roussaki et al. (2009) utilizam as seguintes propriedades de QoC: *Frequency*, *Timeliness*, *Precision*, *Probability of correctness* e *Price*.

Price: supõe-se que equivale a *Cost* em Widya, Beijnum e Salden (2006).

No trabalho de Manzoor et al. (2010) é incluído o parâmetro:

Confidence: indica o quanto o contexto está livre de erros, válido para usar, e relevante para executar uma tarefa específica por um consumidor de contexto particular, assim libera os consumidores de contexto de um esforço extra para raciocinar sobre o contexto ou métricas de QoC.

Já Manzoor, Truong e Dustdar (2010) utilizam outro conjunto de parâmetros de QoC incluindo:

Access Right: métrica que varia dependendo de quem vai acessar a informação de contexto, equivale a *Access security* de Kim e Lee (2006);

Usability: descreve quanto que o pedaço de informação de contexto é adequado para uso com a finalidade pretendida.

Bringel Filho et al. (2010) definem um novo indicador de QoC:

Sensitiveness: é o nível de divulgação de informações de contexto num dado momento. O nível de divulgação pode ser alterado pelos proprietários do contexto, a fim de reforçar os requisitos de privacidade.

Corradi, Fanelli e Foschini (2010) além do parâmetro *Freshness*, utilizam:

Data retrieval time: o intervalo de tempo entre a geração da consulta de contexto e a entrega da resposta de contexto, é o tempo máximo que o “receptor” de contexto está disposto a esperar por uma informação específica (após esse intervalo de tempo, a resposta de contexto será inútil);

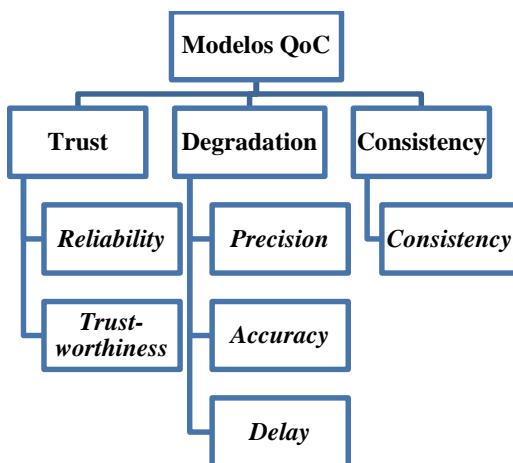
Priority: visa permitir o tráfego diferenciado quando múltiplos dados têm de ser encaminhados.

Klein e David (2010) propõe acrescentar *Time locality* como parâmetro de QoC, onde:

Time locality: deve expressar a diferença de tempo entre amostras (valores) de diferentes sensores, que são agregados em um contexto.

Becker et al. (2010) desenvolveram um modelo de referência para a qualidade de informações de contexto (QoC), que distingue três aspectos de qualidade fundamentais: *Trust*, *Degradation* e *Consistency*. Cada modelo trata alguns parâmetros de QoC já definidos por outros autores, como representado na Figura 4.

Figura 4: Modelos de QoC



Fonte: Adaptado de Becker et al. (2010)

Zheng, Yan e Wang (2011) utilizam os parâmetros: *Resolution*, *Freshness*, *Precision*, *Certainty*, *Completeness* e *Security*, onde:

Security: é a probabilidade com que o contexto é entregue em segurança para os consumidores; equivalente a *Access security* de Bringel Filho et al. (2010).

Em um trabalho mais recente Zheng, Wang e Kerong (2012) tratam tipos de fatores de qualidade como: características de sensores, medições de sensores e contexto definido pelo usuário. Vários fatores (parâmetros de QoC) são citados no item de medições de sensores, sendo que a maioria consta no Quadro 2 e Quadro 3.

A partir de um estudo sobre os parâmetros de QoC, Li, Nastic e Dustdar (2012) propõem três métricas *Currency*, *availability* e *validity of data* para ambientes pervasivos, com as seguintes definições:

Currency: representa a utilidade temporal de um objeto depois que ele é criado. Intuitivamente, a utilidade diminui até que o objeto é considerado que não representa mais a realidade, ou seja, expira;

Availability: semelhante à definição de disponibilidade de Widya, Beijnum e Salden (2006), considera a disponibilidade de fontes de dados online ou não;

Validity of data: é um conjunto de restrições para os dados utilizados em um cenário de aplicação. Trata-se das propriedades, expressas em regras que precisam ser satisfeitas por todos os objetos de dados a partir de uma fonte de dados.

Alguns pontos podem ser facilmente observados neste levantamento, como: situações onde o mesmo nome de parâmetro tem significados diferentes e outras situações onde nomes diferentes de parâmetros tem o mesmo significado. Como exemplificado no Quadro 4, onde os mesmos autores utilizam nomes diferentes para a mesma definição e quantificação de parâmetros em trabalhos diferentes.

Quadro 4: Nomenclatura de Parâmetros de QoC

(MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2008)	(MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2010)
<i>Up-to-dateness</i>	<i>Timeliness</i>
<i>Trust-worthiness</i>	<i>Reliability</i>
<i>Completeness</i>	<i>Completeness</i>
<i>Significance</i>	<i>Significance</i>

Outro aspecto percebido é o grande número de parâmetros de QoC encontrados na literatura, mais de quarenta, considerando simplesmente os nomes diferentes.

2.3.2. Alternativas de Quantificação dos Parâmetros de QoC

Vinte e dois trabalhos foram enquadrados nesta categoria, que propõe alternativas para quantificação de um ou mais parâmetros de QoC, utilizando técnicas variadas. O Quadro 5 sintetiza a forma de quantificação proposta pelos trabalhos selecionados.

Quadro 5: Quantificação de Parâmetros de QoC

Forma de Quantificação	Autores
Estimativa estatística; informações disponíveis;	(KIM; LEE, 2006)
Álgebra <i>min-plus</i> , <i>max-plus</i> , <i>min-max-plus</i> ;	(WIDYA; BEIJNUM; SALDEN, 2006)
Genética biológica e algoritmos genéticos;	(ZIMMER, 2006a) (ZIMMER, 2006b)
Lógica <i>fuzzy</i> ;	(GIAFFREDA; BARRIA, 2007b) (GIAFFREDA; BARRIA, 2007a) (MANZOOR et al., 2010)
Descrição de alternativas para quantificação de parâmetros de forma textual;	(SHEIKH; WEGDAM; SINDEREN, 2007)
QoC (fontes e parâmetros): os valores de fontes são usados para determinar os parâmetros de QoC;	(MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2008) (MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2010)
Lógica subjetiva (composição de crença, descrença e incerteza);	(NEISSE; WEGDAM; SINDEREN, 2008)
Mede indicador de QoC através do componente: $M_{QoC} = \langle CI, QoCI, Alg \rangle$	(BRINGEL FILHO; MARTIN, 2008a)
QoC (indicadores e parâmetros): os parâmetros são usados para medição dos indicadores de QoC;	(BRINGEL FILHO et al., 2010)
Definições matemáticas (Projeto Nexus);	(GROSSMANN, 2009)
Método baseado na Teoria de Probabilidade Bayesiana;	(BRGULJA et al., 2009)
Define como considerar diferença de tempo de sensores;	(KLEIN; DAVID, 2010)
Fórmulas matemáticas para cálculo de <i>probability of correctness</i> ;	(VANROMPAY; MEHLHASE, 2010)
Modelos matemáticos baseados em: distribuições de probabilidade, regiões	(BECKER et al., 2010)

de tolerância, medidas estatísticas, medidas probabilísticas; Modelo teórico de probabilidade;	
Definem pesos e prioridades para os parâmetros QoC;	(ABID; CHABRIDON, 2011)
São apresentadas fórmulas para o cálculo dos parâmetros, considerando QoC a média ponderada destes parâmetros calculados;	(YASAR et al., 2011)
Probabilidade de ocorrência; cálculo de confiança com base na fusão de observação de sensor múltiplo;	(HOSSAIN et al., 2012)
Fórmulas para o cálculo de diversos parâmetros baseado na literatura.	(ZHENG; WANG; KERONG, 2012)

Dois destes trabalhos, com uma abordagem semelhante, despertaram maior interesse e serão brevemente descritos a seguir.

Manzoor, Truong e Dustdar (2008) classificam QoC em Parâmetros de QoC e Fontes de QoC. Os valores de fontes de QoC são usados para determinar os parâmetros de QoC, os valores de fontes de QoC que mais influenciam a quantificação dos parâmetros estão representados no Quadro 6. Os autores definem fórmulas para os cálculos e um algoritmo para avaliação destes parâmetros: *Up-to-dateness*, *Trust-worthiness*, *Completeness* e *Significance*.

Quadro 6: Associação entre Parâmetros e Fontes de QoC

Parâmetros de QoC	Fontes de QoC
<i>Up-to-dateness</i>	<i>MeasurementTime, CurrentTime</i>
<i>Trust-worthiness</i>	<i>SourceLocation, InformationEntityLocation, SensorDataAccuracy</i>
<i>Completeness</i>	Relação entre o número de atributos preenchidos com o número de atributos
<i>Significance</i>	<i>CriticalValue</i>

Fonte: Adaptado de Manzoor, Truong e Dustdar (2008)

Outro trabalho que também segue esta linha é o de Bringel Filho et al. (2010), que classificam QoC em Indicadores de QoC (QoCI) e Parâmetros de QoC (QoCP). QoCI é qualquer aspecto de qualidade bem definido que pode ser avaliado e usado para descrever a qualidade da informação de contexto. E QoCP é qualquer informação detectada a partir do ambiente que pode ser usado para medir indicadores de QoC.

Os autores também apresentam equações e trechos de algoritmos (código de programação) para avaliar os QoCI: *Up-to-dateness*, *Sensitiveness*, *Access security*, *Completeness*, *Precision* e *Resolution*. Os parâmetros de QoC utilizados para cada medição de QoCI estão representados no Quadro 7.

Quadro 7: Relação entre QoCI e QoCP

Indicadores de QoC - QoCI	Parâmetros de QoC - QoCP
<i>Up-to-dateness</i>	<i>CaptureTime, currentTime, lifetime</i>
<i>Sensitiveness</i>	<i>numberOfDisclosureLevel, currentDisclosureLevel</i>
<i>Access security</i>	<i>currentSecurityLevel, numberOfSecurityLevel</i>
<i>Completeness</i>	<i>numberOfAnsweredRequest, numberOfRequest</i>
<i>Precision</i>	<i>numberOfPrecisionLevel, currentPrecisionLevel, processAccuracy</i>
<i>Resolution</i>	<i>numberOfGranularityLevel, currentGranularityLevel, entityLocation</i>

Fonte: Adaptado de Bringel Filho et al. (2010)

2.3.3. Modelos de Representação de QoC

Os modelos de representação de contexto podem ser classificados de acordo com diversas abordagens como: modelos de pares chave-valor, baseados em esquemas ou marcação, modelos focados em domínio, modelos gráficos, modelos orientados a objetos, modelo entidade-relacionamento, baseados em lógica, mapa de tópicos, grafos contextuais, baseados em ontologias, além de modelos híbridos (BETTINI et al., 2010), (SANTOS, 2008), (STRANG; LINNHOF-POPIEN), (FRANK, 2004), (ZHANG et al., 2013).

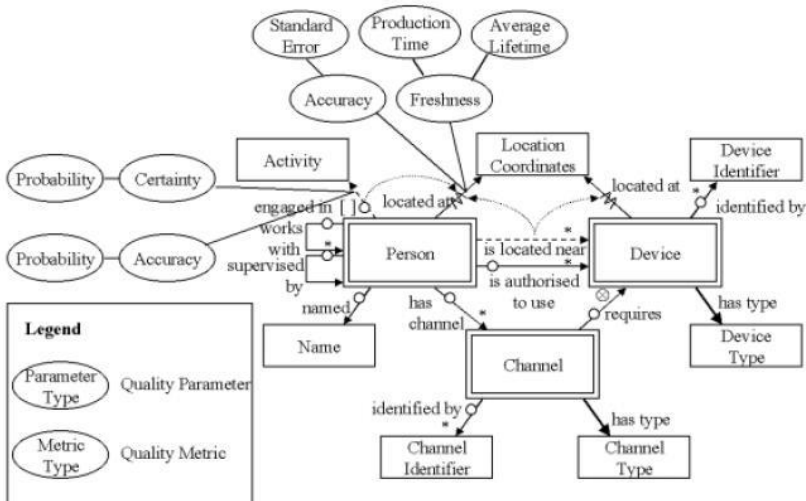
Neste levantamento sobre QoC, doze trabalhos foram identificados onde os autores tratam a QoC em suas abordagens de representação de contexto. Neste conjunto estudado os modelos utilizam notação gráfica, marcação XML (*Extensible Markup Language*), UML (*Unified Modelling Language*), ontologias e OWL (*Ontology Web Language*). No Quadro 8 são listados estes trabalhos e, na sequência, para ilustrar, é apresentado um trabalho de cada abordagem de representação.

O primeiro trabalho que trata de QoC em um modelo de representação de contexto, identificado neste conjunto, foi o de Henricksen, Indulska e Rakotonirainy (2002), ilustrado na Figura 5.

Quadro 8: Tipo de Representação de QoC

Tipo de Representação	Autores (que tratam QoC)
Notação gráfica	(HENRICKSEN; INDULSKA; RAKOTONIRAINY, 2002); (BRINGEL FILHO; MARTIN, 2008a);
Ontologia (OWL)	(GU et al., 2004); (PREUVENEERS; BERBERS, 2006); (BU et al., 2006); (TANG; YANG; WU, 2007); (PAWAR; VAN HALTEREN; SHEIKH, 2007); (TONINELLI; CORRADI, 2009); (BRINGEL FILHO et al., 2010); (BRINGEL FILHO; AGOULMINE, 2011);
Marcação (XML)	(MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2008);
UML	(NEISSE; WEGDAM; SINDEREN, 2008);

Figura 5: Modelo de Contexto em notação gráfica

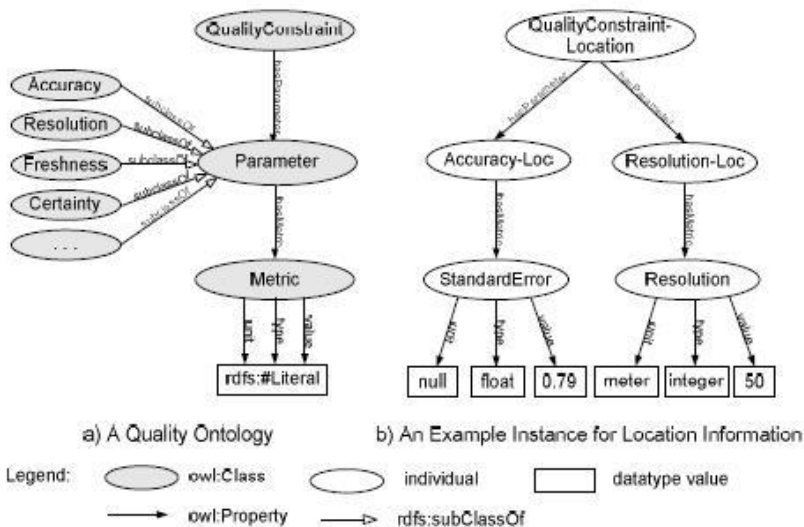


Fonte: (HENRICKSEN; INDULSKA; RAKOTONIRAINY, 2002)

Este trabalho se preocupa com o desenvolvimento de um modelo de contexto em notação gráfica apropriado para computação pervasiva. O modelo aborda questões como: formalidade e generalidade, variações na qualidade da informação, a existência de relações complexas entre informações de contexto e os aspectos temporais do contexto.

Gu et al. (2004) apresentam um modelo de contexto formal e extensível baseado em ontologia para representar, manipular e acessar informações de contexto em ambientes inteligentes. A ontologia de QoC utilizada é apresentada na Figura 6. O modelo representa contextos e sua classificação, dependência e informação da qualidade usando OWL, para suportar a interoperabilidade semântica, compartilhamento de conhecimento de contexto e raciocínio de contexto.

Figura 6: Ontologia de QoC



Fonte: (GU et al., 2004)

Manzoor, Truong e Dustdar (2008) representam na linguagem de marcação XML os Parâmetros de QoC e as Fontes de QoC que serão ligados a cada objeto de contexto, como ilustrado na Figura 7.

Neisse, Wegdam e Sinderen (2008) definem um Modelo de QoC para gestão de confiabilidade, utilizando a linguagem orientada a objeto UML. Nesse modelo o atributo de qualidade explicitamente definido é *precision*, que segundo os autores abrange todas as definições da literatura de precisão, probabilidade e resolução espacial. A Figura 8 ilustra o modelo em UML.

Figura 7: XML de Parâmetros de QoC

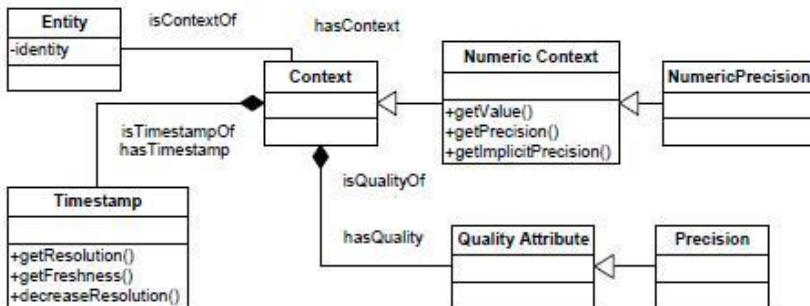
```

<xs:complexType name="QoCParametersType">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="Up-to-dateness" type="ci:QoC-Decimal"/>
    <xs:element name="Trust-worthiness" type="ci:QoC-Decimal"/>
    <xs:element name="Completeness" type="ci:QoC-Decimal"/>
    <xs:element name="Significance" type="ci:QoC-Decimal"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:simpleType name="QoC-Decimal">
  <xs:restriction base="xs:decimal">
    <xs:minInclusive value="0.0"/>
    <xs:maxExclusive value="1.0"/>
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>

```

Fonte: (MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2008)

Figura 8: Modelo de QoC em UML



Fonte: (NEISSE; WEGDAM; SINDEREN, 2008)

Como verificado no Quadro 8, a abordagem de representação de contexto e QoC que vem sendo mais utilizada na literatura é a de ontologias. Esta abordagem será aprofundada na seção 4.1.

2.3.4. Demais Temas relacionados à QoC

Além dos temas já descritos como definição de parâmetros de QoC, alternativas para quantificação destes parâmetros, modelos de representação de contexto que tratam QoC, alguns outros assuntos específicos se destacaram neste conjunto de trabalhos pesquisados e estão agrupados nesta seção, com vinte e dois trabalhos que abordam:

Resolução de Inconsistência ou Conflito, Aspectos de segurança (controle de acesso, privacidade, confiabilidade), Distribuição de dados de contexto e Abordagens agente e multiagentes. No Quadro 9 são listadas estas publicações de acordo com o tema abordado.

Quadro 9: Demais temas sobre QoC

Tema abordado		Autores
INCONSISTÊNCIA / CONFLITO	Resolução de Inconsistência	(BU et al., 2006); (BECKER et al., 2010); (ZHENG; YAN; WANG, 2011); (ZHENG, 2011); (XU; MA; CAO, 2012); (ZHENG; WANG; BEN, 2012); (YANG, 2012);
	Resolução de Conflitos	(MANZOOR; TRUONG, 2009); (MANZOOR; TRUONG; DUSTDAR, 2009) (BRINGEL FILHO; AGOULMINE, 2011);
SEGURANÇA	Controle de acesso	(BRINGEL FILHO; MARTIN, 2008a); (BRINGEL FILHO; MARTIN, 2008b); (BRINGEL FILHO; MARTIN, 2008c); (TONINELLI; CORRADI, 2009);
	Privacidade	(SHEIKH; WEGDAM; SINDEREN, 2008);
	Confiabilidade Confiança	(NEISSE; WEGDAM; SINDEREN, 2008); (MANZOOR et al., 2010);
Distribuição de dados de contexto		(CORRADI; FANELLI; FOSCHINI, 2010); (FANELLI et al., 2011); (BELLAVISTA et al., 2012);
Abordagem Agente Multiagentes		(TAKAHASHI; SUGANUMA, 2009); (ZHENG; WANG; BEN, 2012); (SATO et al., 2009);

2.3.5. Cenários aplicados aos Estudos

Do conjunto de trabalhos estudados, dezessete deles aplicam suas propostas a um determinado cenário. Dentre estes cenários, destacam-se os ambientes inteligentes (*smart-home, personal smart space, smart vehicle, rede veicular*) e cenários de saúde (*Medical Advice / Emergency System, M-health, Health, tele-monitoring, Ambient Assisted Living*).

Ainda podem-se citar outros exemplos, como: sistemas de reconhecimento, cenário de desastres e busca por restaurante. As publicações relacionadas a estes cenários estão apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10: Cenários dos estudos

Cenário		Autores
AMBIENTES INTELIGENTES	<i>Smart-homes</i>	(HUEBSCHER; MCCANN, 2004); (KIM; CHOI, 2006); (BRGULJA et al., 2009); (BRINGEL FILHO; AGOULMINE, 2011); (HOSSAIN et al., 2012);
	<i>Personal Smart Spaces</i>	(ROUSSAKI et al., 2009);
	<i>Smart vehicle</i> Rede veicular	(WU, 2009); (YASAR et al., 2011);
SAÚDE	<i>Medical Advice / Emergency System</i> <i>M-health</i> <i>Health, tele-monitoring</i>	(HEGERING; LINNHOFF-POPIEN, 2003); (WIDYA; BEIJNUM; SALDEN, 2006); (SHEIKH; WEGDAM; SINDEREN, 2008);
	<i>Health care</i> <i>Ambient Assisted Living</i>	(ROY; DAS; JULIEN, 2012); (MCNAULL et al., 2012);
Sistemas de reconhecimento		(VILLALONGA et al., 2009);
Cenário de desastres		(FANELLI et al., 2011);
Busca por restaurante (localização)		(BUCHHOLZ; KRAUSE, 2004);
<i>Flash sale application</i> (GPS, GSM, WLAN)		(CHABRIDON et al., 2012);

2.4 CONSIDERAÇÕES

Este mapeamento das publicações sobre QoC, através da taxonomia dos trabalhos encontrados na literatura pode auxiliar as pesquisas nesta área. O principal desafio encontrado é a falta de uniformização de nomenclaturas, definições, quantificação e consequentemente de modelagem, o que dificulta a interoperabilidade e o compartilhamento de informações de contexto e de QoC.

Com relação aos parâmetros de QoC encontrados na literatura, não existe uma uniformização de nomenclatura e definições, diversos autores definiram um conjunto de parâmetros, muitas vezes com nomes diferentes e significados iguais ou semelhantes ou vice-versa, como no exemplo

dados para parâmetros relacionados a tempo (linhas 5, 6 e 7 do Quadro 2 e Quadro 3).

As alternativas para quantificação dos parâmetros seguem a mesma linha, grupos de autores definem a forma de quantificação para um ou mais parâmetros que utilizam. Estudos mais aprofundados podem analisar os métodos para obter conclusões mais apuradas e tentar obter uma solução integrada.

Diversos outros temas abordados foram citados, destacando-se resolução de conflitos e inconsistências e aspectos relacionados à segurança. Os cenários mais utilizados nos estudos são de ambientes inteligentes e de saúde. Com a popularização de dispositivos portáteis como *smartphones* e *tablets*, cenários que utilizem estes dispositivos podem ser mais explorados.

Alguns trabalhos da literatura estão utilizando ontologia para modelar o contexto e QoC. Nestes trabalhos, algumas abordagens utilizam a QoC de forma superficial, como em GU et al. (2004). Outras abordagens modelam a sua solução “específica” de parâmetros e quantificação como em Bringel Filho et al. (2010).

A dificuldade em padronização de nomenclaturas, quantificações e a construção de modelagens próprias para a QoC, dificulta o entendimento e o compartilhamento de informações contextuais entre sistemas. Neste sentido, a Engenharia do Conhecimento pode auxiliar na construção de um modelo para representação de conhecimento de QoC, através de suas técnicas e metodologias, o que será apresentado no próximo capítulo.

3 ENGENHARIA DO CONHECIMENTO

Este capítulo apresenta um levantamento bibliográfico sobre Engenharia do Conhecimento (EC), com a definição do termo EC, seu histórico, além do levantamento sobre as principais metodologias, técnicas e ferramentas para web. Finalizando, tem-se algumas considerações sobre o conteúdo abordado no capítulo.

O conhecimento vem se tornando um fator estratégico nas organizações. Essa intensificação do conhecimento como elemento fundamental e estratégico no processo organizacional fez com que as atividades de gerar, codificar e gerir conhecimento tornassem-se tarefas essenciais às organizações. Para atender essas demandas, novas disciplinas têm emergido, combinando elementos de mais de uma área do conhecimento, como a Engenharia do Conhecimento (PPGEGC/UFSC, 2015b).

A Engenharia do Conhecimento tem o objetivo de fornecer metodologias, técnicas e ferramentas para a construção de Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) de forma sistêmica e controlada (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998). A EC consiste na criação de diferentes aspectos dos modelos do conhecimento humano (SCHREIBER et al., 2002).

3.1 HISTÓRICO DA EC

O termo Engenharia do Conhecimento nasceu na área da Inteligência Artificial (IA) como uma subárea dedicada à concepção, desenvolvimento e implantação de sistemas especialistas. Inicialmente, na chamada Engenharia do Conhecimento Clássica, os pesquisadores buscaram “transferir” ou “extrair” o conhecimento do especialista para uma base de conhecimento (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998), (SCHREIBER et al., 2002).

A seguir são apresentadas duas definições para EC:

- O processo de construir um sistema especialista é chamado Engenharia do Conhecimento. O engenheiro do conhecimento “extrai” do especialista humano seus procedimentos, estratégias e regras na resolução de problemas e constrói este conhecimento em um sistema especialista (WATERMAN, 1986).

- A área de pesquisa acadêmica para desenvolvimento de modelos, métodos e tecnologias básicas para representar e processar conhecimento e para construir sistemas inteligentes baseados em conhecimento é

chamada engenharia do conhecimento. Ela é parte de IA e é mais direcionada a aplicações (KASABOV, 1996).

A EC Clássica é composta pelas etapas: Aquisição de conhecimento (Extração do conhecimento de suas diversas fontes), Representação de conhecimento (Modelagem do domínio), Validação do conhecimento (Verificação de consistência), Explicação e justificativa (Recuperação e apresentação do raciocínio ao usuário) (TODESCO; GAUTHIER, 2010).

Schreiber et al. (2002) apresentam um histórico da EC, área da IA que buscava o desenvolvimento de sistemas que pudessem pensar e resolver problemas de forma inteligente como os seres humanos. Este histórico é apresentado de forma sucinta, a seguir:

- As primeiras tentativas foram com um Resolvedor Geral de Problemas em 1965, que resultou na concepção de métodos genéricos para resolução de problemas, mas perdeu especificidade e aplicabilidade;
- A 1ª geração de Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) em 1975 era fundamentada em *shells* e em linguagens de representação de conhecimento simbólico e dedutivo, culminou em problemas de escala, dificuldade em modelagem e aplicação em problemas complexos;
- Em 1985 surgem os métodos estruturados – KADS (*Knowledge Analysis and Design Support*) - pela necessidade de metodologias e técnicas mais formais para auxiliar o desenvolvimento de SBC, retomou a ideia da generalidade, separando modelagem do domínio da tarefa;
- Em 1995 têm-se metodologias mais maduras, como *CommonKADS*.

No desenvolvimento dos chamados SBC, o conhecimento era extraído dos especialistas através de entrevistas (ou outras fontes) e codificado através de regras heurísticas e rápida prototipação. Isto gerava dificuldade no desenvolvimento de sistemas grandes (mais complexos), a manutenção se tornava difícil e custosa. Percebia-se a necessidade de uma abordagem estruturada para análise, projeto e gestão de sistemas de conhecimento, que atendesse aos sistemas mais complexos e dependentes do contexto (NAZÁRIO et al., 2012).

Surge então a Nova Engenharia do Conhecimento que através das lições aprendidas com a evolução da EC, muda o paradigma de transferência (conhecimento do especialista extraído e colocado no sistema) para o paradigma de modelagem (conhecimento existente nas pessoas, arquivos e sistemas deve ser extraído e modelado em um formato computacional) (TODESCO; GAUTHIER, 2010).

Segundo Studer, Benjamins e Fensel (1998) o objetivo de construir uma nova disciplina de EC é similar aquele da Engenharia de Software: tornar o processo de construir SBC de arte para uma disciplina de engenharia. Isto requer análise de construir e manter o processo e o desenvolvimento de métodos e linguagens apropriadas e de ferramentas especializadas para desenvolver SBC.

Ainda para Studer, Benjamins e Fensel (1998) é um consenso que o processo de construção de um SBC pode ser visto como uma atividade de modelagem. Construir um SBC significa construir um modelo computacional com o objetivo de realizar capacidades de resolução de problemas comparáveis a um especialista humano no domínio. Não se intenciona criar um modelo cognitivo adequado, isto é, simular processos cognitivos de um especialista em geral, mas criar um modelo que oferece resultados similares.

Para a construção de um SBC o engenheiro do conhecimento tem as seguintes responsabilidades: Entender o contexto organizacional e o ambiente em que o sistema de conhecimento será inserido (Por quê?), descrever conceitualmente o conhecimento que é aplicado na tarefa que será modelada pelo sistema de conhecimento (O quê?), descrever os aspectos tecnológicos dos elementos que deverão compor a implementação computacional do sistema de conhecimento (Como?) (SCHREIBER et al., 2002).

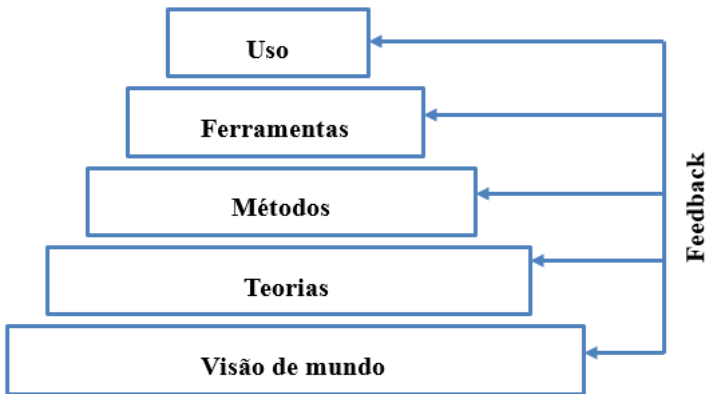
O processo de desenvolvimento de um SBC na EC Contemporânea é composto pelas etapas: Identificação do conhecimento, Aquisição e Organização do conhecimento; Formalização e Representação do conhecimento; Implementação, Avaliação e Manutenção de sistemas de conhecimento (TODESCO; GAUTHIER, 2010).

3.2 METODOLOGIAS

A EC auxilia o desenvolvimento de SBC através de metodologias e técnicas formais. São algumas metodologias da EC: CommonKADs (SCHREIBER et al., 2002), SPEDE (SHADBOLT; MILTON, 1999), MOKA (OLDHAM et al., 1998), XP.K (KNUBLAUCH, 2002), RapidOWL (AUER, 2009), MIKE (ANGELE; FENSEL; STUDER, 1996), VITAL (DOMINGUE; MOTTA; WATT, 1993).

Schreiber et al. (2002) definiram uma pirâmide metodológica, onde os blocos componentes de uma metodologia são: visão de mundo, teorias, métodos, ferramentas e uso, conforme Figura 9.

Figura 9: Pirâmide Metodológica



Fonte: Adaptado de Schreiber et al. (2002)

Segundo Schreiber et al. (2002), com relação aos blocos da pirâmide:

- A visão de mundo ou “*slogans*” é formulada por um número de princípios que forma a base da abordagem. Os princípios são baseados em lições aprendidas sobre o desenvolvimento de sistemas do conhecimento;
- Conceitos teóricos são os princípios científicos que darão base aos modelos de solução para os problemas propostos;
- Métodos usados na metodologia são os procedimentos que levarão as soluções propostas pela metodologia;
- Ferramentas para aplicar os métodos são os instrumentos disponíveis para serem usados para aplicar a metodologia;
- As experiências por meio do uso da metodologia é um dos principais momentos de *feedback*, que pode fluir ao longo da pirâmide.

Sá (2012) faz um estudo sobre algumas das principais metodologias da EC encontradas na literatura gerando um quadro comparativo entre as metodologias, com o propósito de informar como elas estão constituídas em relação à pirâmide metodológica da Figura 9.

As metodologias estudadas foram:

- MIKE (*Model-based and Knowledge Engineering*);
- MOKA (*Methodology and tools Oriented to Knowledge-Based Engineering Applications*);
- CommonKADS;

- XP.K (*Extreme Programming. Knowledge*);
- RapidOWL;

O quadro comparativo é apresentado a seguir, no Quadro 11.

Ainda com base neste estudo realizado e no quadro comparativo entre as metodologias, quando se observa a *visão de mundo* das metodologias, nas mais antigas como MIKE (1993), MOKA (1998) e CommonKADS (2000), há a preferência pelo uso da UML juntamente com a Orientação a Objetos para modelar o conhecimento, além da preocupação com o processo de explicitação. Já metodologias mais atuais como XP.K (2002) e RapidOWL (2006) utilizam ontologias para modelar o conhecimento e tem foco também no processo de construção do sistema, além da modelagem.

No bloco relacionado à *teoria*, todas as metodologias apresentadas têm a preocupação em ter o especialista do domínio presente, já que a elicitação do conhecimento é uma atividade crítica na construção de um SBC.

Com relação aos *métodos*, todas as metodologias estudadas têm as suas particularidades. Se as diferenças não forem consideradas pode-se perceber que o cerne encontra-se na formalização do conhecimento. Em relação às *ferramentas*, cada metodologia usa aquelas específicas para a área do conhecimento a que se propõe (SÁ, 2012).

O *uso* das metodologias inicialmente era restrito ao meio acadêmico, com MOKA as metodologias saíram da academia para chegar ao mercado, sendo amplamente empregada na indústria aeronáutica e automobilística europeia. Já o CommonKADS, além de servir como referência para o desenvolvimento de projetos de pesquisa no programa Europeu de Tecnologia da Informação e em projetos do governo, é a principal metodologia utilizada em organizações empresariais para o desenvolvimento de sistemas comerciais e financeiros. As metodologias XP.K e RapidOWL, que derivam do XP, são mais recentes e menos difundidas quando comparadas ao MOKA e ao CommonKADS (SÁ, 2012).

Quadro 11: Comparativo entre metodologias de EC

Metodologia	Pirâmide Metodológica				
	Visão de Mundo	Teoria	Métodos	Ferramenta	Uso
MIKE (1993)	Engenharia de Software, Prototipagem	Reuniões e entrevistas estruturadas com o especialista de domínio	Fluxo de informação e interdependência entre os dados	KARL	Meio acadêmico, estudos de caso na Indústria e <i>Help desks</i>
MOKA (1998)	Engenharia de software e meta-modelo	Integração do conhecimento entre produto e processo	KBE em dois modelos: informal e formal	Suit PCPACK 5	Na indústria aeronáutica e Automotobilística
Commo nKADS (2000)	Modelagem e Engenharia de software	Planilhas com anotações gráficas e textuais e documentos estruturados	Modelo de ciclo de vida, modelos de processo, diretrizes, técnicas de elicitação	Ferramentas CASE, Ambiente de implementação	Programa do governo Holandês para aluguéis de residências
XP.K (2002)	Engenharia de Software, Engenharia do conhecimento, ontologias da EC	<i>Feedback</i> , comunicação intensiva e desenvolvimento evolucionário	Especialista do conhecimento, <i>design</i> de ontologias coletivas, modelagem padrão, Modelo do Conhecimento Simples, Engenharia <i>Round-Trip</i> , <i>Refactoring</i>	<i>KBeans</i> e <i>KBeans Shell</i>	Aplicação para a Área Médica
Rapid OWL (2006)	Engenharia de Software e Web Semântica	Colaboração Web	Design de Ontologias Conjuntas, Integração da Informação, Construção compartilhada de Visões	POWL, Onto WIKI, Protégé OWL	Blogs, Jabber, Skype networks LinkedIn

Fonte: Adaptado de Sá (2012)

3.3 TÉCNICAS

Como uma subárea da Inteligência Artificial dedicada ao desenvolvimento de SBC a EC, utiliza algumas técnicas da IA.

Segundo Rautenberg (2009) a EC se refere a todos os aspectos técnicos, científicos e sociais envolvidos na construção, manutenção e uso de SBC. Um SBC é modelado segundo técnicas reutilizáveis de representação e extração de conhecimento. Para este autor, tais técnicas são denominadas Agentes Computacionais da EC podendo-se citar:

- Sistemas Especialistas;
- Raciocínio Baseado em Casos;
- Agentes Inteligentes;
- Redes Neurais Artificiais;
- Algoritmos Genéticos;
- Sistemas Imunológicos Artificiais;
- Inteligência Coletiva;
- Descoberta de Conhecimento em Base de Dados;
- Descoberta de Conhecimento em Texto.

A seguir são apresentadas breves definições para estas técnicas.

Sistema Especialista (SE) é uma ferramenta que tem a capacidade de entender o conhecimento sobre um problema específico e usar este conhecimento inteligentemente para sugerir alternativas de ação. SE é uma técnica da IA desenvolvida para resolver problemas em um determinado domínio cujo conhecimento utilizado é obtido de pessoas que são especialistas naquele domínio (TODESCO; GAUTHIER, 2010).

Raciocínio Baseado em Casos (RBC) é uma abordagem para a resolução de um problema novo, lembrando-se de uma situação anterior similar e por reutilização de informações e conhecimento desta situação. Este conceito assume que problemas semelhantes têm soluções similares, deste modo RBC é um método adequado para um domínio prático focado em casos reais em vez de regras ou conhecimento para resolver problemas (AAMODT; PLAZA, 1994).

Agente Inteligente é um sistema computacional situado em um ambiente, capaz de autonomamente agir sobre este ambiente, de acordo com sua percepção, comunicação, representação, motivação, deliberação, raciocínio e aprendizagem (HUBNER; BORDINI; VIEIRA, 2004).

Rede Neural Artificial é um modelo computacional abstrato do cérebro humano, que imita o comportamento dos neurônios biológicos. Similar ao cérebro quando acionado em relação a um evento, uma Rede

Neural Artificial recebe estímulos (sinais de entradas), processa sinais e produz uma saída (MUNAKATA, 2008).

Algoritmos Genéticos são modelos computacionais baseados na teoria da evolução das espécies (MUNAKATA, 2008). Estes implementam a seleção de soluções baseadas na aptidão da solução quanto à resposta de um problema, reprodução de soluções e a ocorrência ocasional de mutação sobre as soluções. Com estas metáforas, um Algoritmo Genético otimiza a busca de uma solução ótima dentre várias soluções possíveis. São empregados geralmente em problemas de alocação de recursos (RAUTENBERG, 2009).

Os **Sistemas Imunológicos Artificiais** são definidos como sistemas adaptativos inspirados pela teoria imunológica, pelas funções imunológicas observáveis e pelos princípios e modelos, que são aplicados na resolução de problemas (TIMMIS, 2004). Exemplos de aplicação destes sistemas são: Reconhecimento de Padrões, Segurança Computacional, Robótica, Otimização, Controle, Abordagens Conexionistas, Detecção de Falhas e Anomalias, Aprendizagem de Máquina (CASTRO, 2001).

Inteligência Coletiva é um paradigma da IA baseado na distribuição e no comportamento coletivo (enxame, colônia, aglomerado, rebanho) de elementos biológicos (formigas, cupins, abelhas, entre outros) para resolver problemas de otimização, podendo ser utilizado como técnica de mineração de dados ou descoberta de conhecimento (ABRAHAM; GUO; LIU, 2006).

Knowledge Discovery in Databases (KDD), descoberta de conhecimento em bases de dados (ou mineração de dados), se preocupa com o desenvolvimento de algoritmos e técnicas para extrair conhecimento de bases de dados grandes e complexas. Tanto o Aprendizado de Máquina como o KDD compartilham o mesmo objetivo de encontrar nos dados conhecimentos novos e úteis, e assim eles têm a maioria das técnicas e processos em comum. A diferença fundamental entre Aprendizado de Máquina e KDD está no volume de dados a ser processado (HO; KAWASAKI; GRANAT, 2007).

Em Feldman, Dagan e Hirsh (1998) o problema de descoberta de conhecimento é abordado a partir de uma coleção de texto não estruturado, e descrevem o sistema **Knowledge Discovery from Text** (KDT), que prevê para texto os tipos de operações KDD fornecida anteriormente para bancos de dados estruturados.

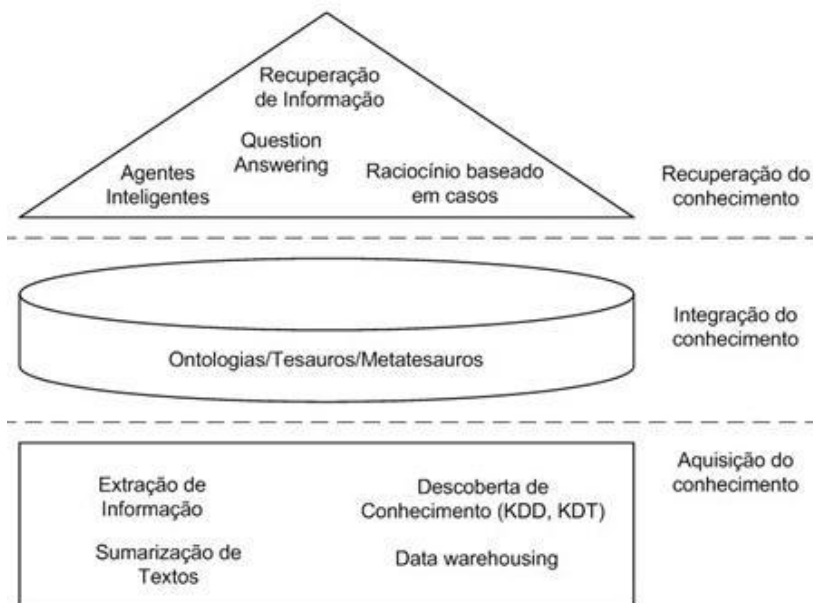
Com as técnicas de KDT as organizações podem extrair conhecimento de fontes semiestruturadas e não estruturadas, como: relatórios técnicos, manuais, currículos, documentos em geral (formatos

diversos), correio eletrônico, páginas da internet, comunicação instantânea, redes sociais, entre outras (NAZÁRIO et al., 2012).

Técnicas da EC e de aquisição de conhecimento também são abordadas em (NAZÁRIO; ROTTA; DANTAS, 2012a) e (NAZÁRIO et al., 2012).

Uma representação das técnicas de EC pode ser visualizada na Figura 10, proposto por Sasieta, Beppler e Pacheco (2011), onde estão classificadas de acordo com a fase em que serão utilizadas, ou seja, Aquisição do conhecimento, Integração do conhecimento ou Recuperação do conhecimento.

Figura 10: Técnicas de EC



Fonte: (SASIETA; BEPPLER; PACHECO, 2011)

Algumas técnicas de EC podem ser usadas como suporte ao processo de **Aquisição do conhecimento**, como: Extração de Informação, Sumarização de Textos, *Data warehouse* e Processos de descoberta de conhecimento (KDD e KDT) (SASIETA; BEPPLER; PACHECO, 2011).

Extração de Informação é um processo de EC que basicamente toma textos como entrada e produz dados em formato fixo e não

ambíguos. Esta abordagem pode ser vista como a atividade de preenchimento de fontes estruturadas de informação a partir de fontes não estruturadas ou textos escritos em formato livre (CUNNINGHAM; SHEFFIELD, 2006) (GAIZAUSKAS; WILKS, 1998).

Na **Sumarização de Textos** o problema consiste em concentrar um texto em uma versão menor preservando seu conteúdo (JONES, 2007), poupando assim o tempo das pessoas que não podem ler todos os documentos relacionados a um determinado assunto. A sumarização ou extração consiste no processo de classificar e apresentar os extratos (sentenças, parágrafos) mais originais e relevantes dentro de um documento (SASIETA; BEPLER; PACHECO, 2011).

Data Warehouse (DW) pode ser definido como uma coleção de dados integrada, variável no tempo e não volátil, usadas principalmente nas organizações como suporte à tomada de decisões (INMON, 1992). O *data warehouse* pode ser visto como uma abordagem de integração de informação onde informações de interesse são extraídas a partir de diferentes fontes e armazenadas em um repositório centralizado onde são executadas as consultas dos usuários (WIDOM, 1995).

Na fase de **integração do conhecimento** a EC pode apoiar com algumas formas de modelagem e **representação do conhecimento**, como: vocabulários controlados, taxonomias, tesouros, metatesouros e ontologias (SASIETA; BEPLER; PACHECO, 2011).

Um **Vocabulário Controlado** pode ser entendido como uma lista fechada de nomes. Os constituintes de um vocabulário controlado são geralmente conhecidos como termos, onde um termo é um nome específico para um determinado conceito (GARSHOL, 2004).

Uma **Taxonomia** pode ser vista como uma organização dos termos de um vocabulário controlado em uma hierarquia. A vantagem desta abordagem é que permite que termos relacionados sejam agrupados e categorizados tornando assim o processo de busca mais simples (GARSHOL, 2004).

Um **Tesouro** pode ser definido como uma lista classificada de termos, especialmente palavras-chave, em um domínio específico. Os tesouros lidam com palavras, as alternativas para essas palavras, sinônimos e traduções (VAN REES, 2003).

Ontologias são esquemas de metadados, que fornecem um vocabulário controlado dos termos, todos eles explicitamente definidos e com semântica que pode ser processada pelas máquinas. Desta forma as ontologias ajudam as pessoas e as máquinas a se comunicarem com mais eficácia (BECHHOFFER, 2002). Este conceito será abordado na seção 4.1.

Com relação à etapa de recuperação do conhecimento, o suporte da EC pode ser através das técnicas: Recuperação de Informação, *Question Answering*, Raciocínio Baseado em Casos (RBC) e Agentes Inteligentes.

Um sistema de **Recuperação de Informação** “interpreta” o conteúdo dos itens de informação (documentos) em uma coleção e os classifica de acordo com o grau de relevância em relação à consulta do usuário. O principal objetivo é recuperar todos os documentos relevantes e ao mesmo tempo recuperar a menor quantidade de documentos não relevantes (BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 1999).

O objetivo da abordagem *Question Answering* (QA) é localizar, extrair e representar uma resposta específica a uma pergunta feita por um usuário usando a linguagem natural (ROUSSINOV; ROBLES-FLORES, 2004).

3.4 FERRAMENTAS DE EC PARA WEB

As organizações enfrentam uma sobrecarga de informações que ficam espalhadas por inúmeros documentos, mensagens de e-mail, bancos de dados em diferentes locais e sistemas. Com isso, muitas vezes é difícil encontrar dados relevantes e informações precisas, tomando bastante tempo e necessitando de acesso a vários sistemas (TURBAN; KING, 2004).

Neste sentido, algumas ferramentas apoiam a gestão do conhecimento, como é o caso de um Portal Web. O portal pode ser um ponto de acesso e integração entre as diferentes fontes de conhecimento, melhorando a produtividade e tornando-se uma vantagem competitiva nas empresas (TODESCO et al., 2011).

O termo portal começou a ser utilizado em 1997, com o intuito de ser ponto de entrada ou acesso associado a um motor de busca, com o objetivo de auxiliar os usuários na localização de conteúdo na web. De acordo com Ribeiro (2007) nem todo sítio web é um portal, o portal tem características especiais como: funcionalidades dinâmicas; integração de dados de diversas fontes; serviços e funcionalidades personalizáveis, como *layout*, resultados de pesquisas baseados em históricos ou outros parâmetros pré-definidos.

Na literatura encontram-se várias definições para portais web, como a de Turban e King (2004) que afirmam: um portal web é um ponto de acesso, único e personalizado, por meio de um navegador web, as informações empresariais importantes localizadas dentro e fora de uma organização, disponíveis na internet, intranets e extranets.

Seguindo a evolução da web tradicional, tem-se a web 2.0 ou também chamada web social. Nesta tendência, os portais 2.0 têm seu foco em facilidade de acesso ao conteúdo e interação entre os usuários. Os princípios fundamentais estão voltados à construção de conteúdo pelo próprio usuário, proporcionando colaboração e interatividade. Outro conceito relacionado é o da web como plataforma e a relação de muitos para muitos, no lugar de um para muitos. Como exemplos de ferramentas da web 2.0 enquadram-se os *blogs*, *wikis* e redes sociais (O'REILLY, 2005).

Dentre os vários projetos desenvolvidos pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) está o da web semântica, uma proposta de levar a Internet ao seu próximo estágio, chamado por alguns autores de web 3.0 (NAZÁRIO; SELL; GAUTHIER, 2012). Essa nova Internet viabilizará a representação e busca de conhecimento pelos computadores, é projetada e construída para ser entendida também pelas máquinas (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001).

Para Jardim e Palazzo (2009) o objetivo da web semântica é trazer estrutura para o conteúdo das páginas web, aumentando o seu significado, criando um ambiente onde agentes de *software* possam fluir de página a página, cumprindo tarefas para os seus usuários. Neste sentido, as ontologias fornecem um entendimento comum e compartilhado de um domínio, que pode ser comunicado através de pessoas e sistemas de aplicação, tornando-se fator chave para o desenvolvimento da web semântica. A utilização de ontologias permite representar explicitamente a semântica dos dados.

Neste contexto da web semântica, tem-se então como uma evolução natural dos portais tradicionais, os portais semânticos. Estes portais fazem uso intensivo de ontologias, com objetivo de permitir o entendimento comum entre pessoas e sistemas. O propósito principal é melhorar a integração e reuso de recursos (NAZÁRIO; SELL; GAUTHIER, 2012).

De acordo com o exposto nesta seção, o Quadro 12 lista algumas ferramentas presentes na Web Tradicional, Web 2.0 e Web Semântica. As ferramentas presentes na Web Semântica, como os Portais Semânticos, Wikis Semânticos, entre outros, são consideradas ferramentas de EC voltadas para web.

Quadro 12: Ferramentas de EC para Web

Web Tradicional	Portais Web;
Web 2.0	Portais Web 2.0; <i>Blogs, Wikis, Redes Sociais;</i>
Web Semântica	Portais Semânticos; <i>Wikis Semânticos.</i>

3.5 CONSIDERAÇÕES

A Engenharia do Conhecimento tem o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, sendo que a Nova EC ou EC contemporânea utiliza o paradigma de modelagem do conhecimento em um formato computacional.

Diversas são as metodologias, técnicas e ferramentas de EC disponíveis para alcançar esse objetivo, como apresentado neste capítulo.

Com base no levantamento de literatura dos trabalhos que abordam qualidade de contexto (capítulo 2) e no levantamento sobre a EC, suas metodologias, técnicas e ferramentas (capítulo 3) pretende-se utilizar a ontologia para auxiliar na representação de conhecimento de QoC, permitindo assim a exploração, o compartilhamento e reuso do conhecimento neste domínio. Tendo em vista que os trabalhos da literatura desta área que utilizam ontologia estão em fases iniciais, certamente há espaço para o avanço nas pesquisas.

Sendo assim, o próximo capítulo abordará a representação de conhecimento no domínio de QoC através de ontologia.

4 REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO DE QOC

Neste trabalho de pesquisa optou-se por representar o conhecimento no domínio de QoC utilizando-se ontologia. Sendo assim, neste capítulo apresenta-se o resultado da pesquisa realizada sobre o desenvolvimento e utilização de ontologias de contexto e de QoC. No capítulo são abordados os seguintes tópicos: ontologias, as justificativas para o seu uso, ontologias de contexto, ontologias de QoC e considerações sobre o conteúdo do capítulo.

Como já citado, diversas abordagens podem ser utilizadas em modelos de representação de contexto. Baseado nos estudos de Santos (2006, 2008), no Quadro 13 é apresentado um resumo destas principais abordagens, com vantagens, desvantagens e a forma de processamento.

Quadro 13: Abordagens de Representação de Contexto

Abordagem	Vantagens	Desvantagens	Processamento
Modelo Baseado em Pares de Chave-Valor	Modelo simples, de fácil implementação e uso;	Não considera hierarquia; Inadequado para aplicações com estruturas complexas;	Busca linear com casamento exato de nomes;
Modelo Baseado em Linguagens de Marcação	Prevê hierarquia entre os elementos; O esquema de marcação implementa o próprio modelo; Utilização típica em perfis;	Incompletude e ambiguidade na informação contextual não consideradas; Inadequado para representar estruturas complexas;	Linguagem de consulta baseada em marcação XML;
Modelo Baseado em Representações Gráficas	Ajuda a estruturar o contexto e a modelar o sistema sensível ao contexto; Apoia a compreensão do contexto por humanos;	Não utilizado para instanciar a informação; Faltam formalismos computacionais;	Transformação dos modelos para código;

Modelo Orientado a Objetos	Usufrui das propriedades de encapsulamento e reusabilidade; Permite estruturar a informação contextual e abstrair tratamento do contexto;	A invisibilidade no tratamento do contexto, pelo encapsulamento, dificulta o formalismo do modelo;	Algoritmos e compiladores;
Modelos Baseados em Lógica	Contextos são definidos como fatos, expressões e regras; Alto grau de formalismo;	Difícil compreensão por humanos; Dificil modelagem da estrutura do contexto;	Motor de Inferência;
Modelo Baseado em Grafos Contextuais	Adequado para modelar contextos associados a processos;	Não permite formalizar a estrutura do contexto;	Busca em árvore;
Modelo Baseado em Mapas de Tópicos	Facilita a navegação entre os contextos; Facilita modelagem dos contextos por humanos;	Baixo formalismo;	Navegação por redes semânticas;
Modelo Baseado em Ontologias	Melhora a definição semântica de contexto; ferramentas para inferência; viabiliza a formalização e legibilidade por humanos e computadores.	Sobrecarga no desempenho do sistema.	Motor de Inferência; Linguagem de consulta baseada em OWL.

Fonte: Adaptado de Santos (2006, 2008)

4.1 ONTOLOGIAS

Originalmente proposto por filósofos, o termo ontologia foi definido como uma disciplina dedicada à natureza e à existência de elementos. Já no campo da Inteligência Artificial, as ontologias se tornaram populares na representação de conhecimento. Particularizando o uso de ontologias na Gestão do Conhecimento, na última década, a comunidade de Engenharia do Conhecimento adaptou a utilização das ontologias com vistas à análise e à representação do conhecimento em certos domínios de interesse, de modo que este conhecimento possa ser compartilhado (RAUTENBERG, 2009).

Ontologia pode ser definida como uma “*especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada*” (GRUBER, 1993), onde:

- Conceitualização: indica que se trata de um modelo abstrato que representa algum fenômeno ou objeto do mundo real;
- Formal: implica que uma ontologia deve ser compreendida e processada por máquinas;
- Explícita: significa que os conceitos utilizados, bem como as relações e restrições sobre seu uso, são objetivamente definidos e claros;
- Compartilhada: no sentido de que uma ontologia reflete o conhecimento consensual sobre um determinado assunto por uma comunidade de especialistas no domínio.

Para Gruber (1993) o conhecimento é formalizado na ontologia por cinco tipos de componentes: classes ou conceitos, relações, funções ou propriedades, axiomas e instâncias, conforme representado na Figura 11.

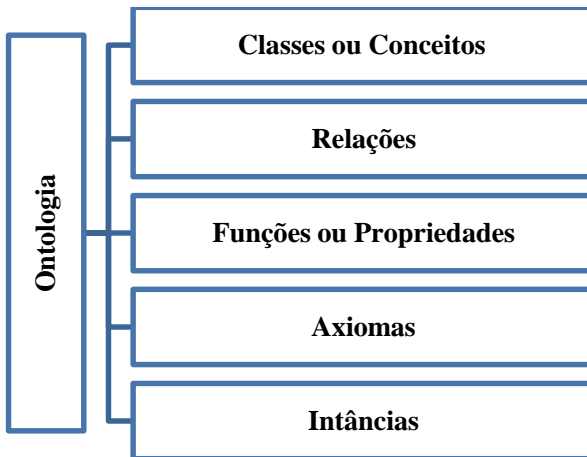
Estes cinco componentes são comentados por (GÓMEZ-PÉREZ, 1999), onde:

- Classes: são usadas em um sentido amplo. Um conjunto de classes e uma hierarquia entre estas classes formam uma taxonomia. Por exemplo, a classe “mãe” é uma subclasse da classe “mulher”;
- Relações: representam um tipo de interação entre as classes de um domínio. Um exemplo de relacionamento entre as classes “pessoa” e “casa” é o relacionamento “eh_proprietario”;
- Funções: é um caso especial de relacionamento em que um conjunto de elementos tem uma única relação com outro elemento. Um exemplo de função é “ser_pai”, onde a classe

“homem” e a classe “mulher” estão relacionadas a uma classe “pessoa”;

- Axiomas: são regras que são sempre válidas. Um exemplo de axioma é afirmar que toda pessoa tem uma mãe. As regras possibilitam inferências sobre as classes;
- Instâncias: são especializações das classes, representam indivíduos específicos de uma determinada classe.

Figura 11: Estrutura de uma ontologia



Fonte: Baseado em Gruber (1993)

4.1.1 Classificação de Ontologias

Algumas classificações de ontologias encontradas na literatura são apresentadas a seguir.

Para Heijst, Schreiber e Wielinga (1997) ontologias podem ser classificadas segundo o conteúdo representado. Segundo a percepção dos autores, existem três classes de ontologias:

- Ontologias terminológicas: são ontologias que especificam os termos utilizados para representar o conhecimento do discurso de um domínio. Estas ontologias podem ser comparadas, por exemplo, aos tesouros como índices de um domínio;
- Ontologias de informação: são ontologias que especificam as estruturas de registros de uma base de dados, os esquemas de bases de dados ou a especificação das classes em um projeto

orientado a objetos, só para citar alguns exemplos deste tipo de ontologias;

- Ontologias para modelagem de conhecimento: são ontologias que especificam conceitualizações do conhecimento. Geralmente, tais ontologias têm uma estrutura interna complexa e semanticamente rica. Por descrever o conhecimento de um domínio, também são refinadas, ou estendidas para promover ampla utilização perante uma comunidade de prática, por exemplo.

Hierarquicamente ontologias são classificadas em (GUARINO, 1998):

- Ontologia de alto nível - ontologias que descrevem conceitos gerais como espaço, tempo, matéria, objetos, eventos e ações, que são conceitos independentes de um problema ou domínio particular. Parece razoável, em teoria, haver ontologias deste tipo disponíveis para serem reutilizadas por uma comunidade de engenheiros de ontologias na construção de outras ontologias;
- Ontologias de domínio e de tarefa - uma ontologia de domínio descreve os elementos genéricos de um domínio (por exemplo, o termo —doença em medicina). Já uma ontologia de tarefa representa o conjunto de ações desempenhadas sobre um domínio (por exemplo, —diagnosticar em medicina). Hierarquicamente, isto é possibilitado por especializar e/ou reutilizar termos introduzidos em ontologias de alto nível;
- Ontologias de aplicação - são ontologias que descrevem conceitos que dependem de ontologias de domínio e de tarefa, mutuamente. Uma ontologia de aplicação geralmente é uma especialização das ontologias hierarquicamente superiores, sendo que seus conceitos geralmente correspondem a papéis desempenhados por entidades do domínio enquanto tais entidades executam uma atividade.

Já quanto à expressividade, as ontologias são classificadas pelo tipo de linguagem de representação utilizada e pelos elementos que a constituem, sendo classificadas em (GÓMEZ-PÉREZ; CORCHO, 2002):

- Ontologias de menor expressividade - são ontologias que modelam informação de um determinado domínio (conceitos e

sua taxonomia), sem incluir axiomas e restrições. Este tipo de ontologia não requer um nível de expressividade elevado, o que, por outro lado, dificulta o processo de raciocinar em computadores;

- Ontologias de maior expressividade: são ontologias que requerem um alto nível de expressividade para incorporar axiomas e restrições, facilitando os processos de inferência computacional neste tipo de ontologia.

4.1.2 Desenvolvimento de Ontologias

Para construir ontologias existem algumas linguagens formais específicas. Elas distinguem-se pelas facilidades, expressividades e propriedades computacionais que oferecem, sendo que as principais são: RDF (*Resource Description Framework*), RDF-Schema, OIL (*Ontology Inference Layer*), DAML (*DARPA Agent Markup Language*)+OIL e OWL (HEINZLE, 2011).

No processo de construção de ontologias são utilizados ambientes específicos que oferecem uma série de recursos e funcionalidades que auxiliam e facilitam o desenvolvimento do trabalho. Existem inúmeras dessas ferramentas disponíveis que, embora tenham em comum o objetivo de oferecer facilidades para o desenvolvimento de uma ontologia, o fazem oferecendo diferentes recursos e funções. Duas das mais populares destas ferramentas são OntoEdit (SURE et al., 2002) e Protégé (PROTÉGÉ, 2014).

Heinzle (2011) também cita algumas propostas de metodologias de desenvolvimento de ontologias como a *Methontology*, a *On-to-Knowledge*, a *Uschold & King* e a *Grüninger & Fox*.

Segundo Rautenberg (2009) o desenvolvimento de ontologias é estudado na disciplina de Engenharia de Ontologias e baseado nas pesquisas de Gruber (1995) lista algumas recomendações:

- Clareza: uma ontologia deve claramente retratar e comunicar o significado dos elementos de um discurso, por meio de definições objetivas e bem documentadas;
- Coerência: em uma ontologia, quando existe uma lógica incutida, os axiomas devem ser consistentes, contribuindo para que as inferências geradas na utilização da ontologia estejam de acordo com o que se entende do domínio representado;

- Extensibilidade: as unidades de conhecimento de uma ontologia devem ser projetadas para que estas possam ser atualizadas e/ou reutilizadas. Em outras palavras, a extensibilidade diz respeito à incorporação de novos elementos, sem que os antigos necessitem ser revistos;
- Limiar de codificação mínimo: a conceitualização da ontologia deve ser especificada no nível de conhecimento, sem depender de uma linguagem específica. A linguagem específica de um domínio deve ficar no nível de instâncias da ontologia;
- Compromisso ontológico mínimo: uma ontologia deve definir apenas os termos extremamente suficientes para que as informações possam ser compartilhadas. Caso exista a necessidade de definições específicas para uma ontologia, reportando-se ao quesito reutilização de ontologias, uma ontologia pode ser instanciada e especializada para melhor descrever um domínio.

Rezgui (2007) apresenta outras recomendações principalmente no nível dos métodos de construção de ontologias, citados também por Rautenberg (2009), onde uma ontologia:

- Não deve ser desenvolvida do nada, deve-se valer da reutilização, o quanto possível, de recursos semânticos reconhecidos e estabelecidos do domínio de interesse;
- Deve ser construída colaborativamente em um ambiente multiusuário;
- Necessita de suporte tecnológico no seu ciclo de vida, primando por princípios como reutilização de outras ontologias;
- Deve ser desenvolvida de forma incremental, sempre envolvendo os usuários finais;
- Deve ser suficientemente flexível para acomodar diferentes cenários de utilização;
- Deve ser amigável, isto é, fácil de usar e prover a conceitualização do domínio, inculcando os jargões técnicos do domínio que representa;
- Deve ser tratada como um sistema vivo e deve permitir expansão futura.

4.1.3 Justificativa para o uso de ontologias

Várias abordagens para representação de contexto foram revisadas por Strang, Linnhoff-popien e Frank (2004), os autores concluem que

ontologias constituem a abordagem mais promissora, devido às suas características de permitir o compartilhamento de conhecimento entre humanos e entre agentes de *software*, bem como a reutilização de conhecimento entre aplicações. Além disso, ontologias podem ser utilizadas por motores de inferência para inferir contextos complexos a partir de contextos de mais baixos níveis adquiridos por fontes diversas.

A partir desta classificação de Strang, Linnhoff-popien e Frank (2004), Tang, Yang e Wu (2007) também chegam à conclusão de que a categoria ontologia é a forma mais apropriada para modelar o contexto, por que respeita todos os requisitos para ambientes de computação ubíqua.

Pawar, van Halteren e Sheikh (2007) reforçam que as ontologias permitem que entidades computacionais e serviços tenham um conjunto comum de conceitos e vocabulários para representar conhecimento sobre um domínio de interesse. Ontologias também permitem o reuso do conhecimento, podendo ser integradas para descrever um domínio específico.

Segundo Rautenberg (2009) ontologias permitem a representação do conhecimento em um determinado contexto. Sendo um meio bastante utilizado para modelar conhecimento declarativo, o que, por exemplo, torna possível o processamento computacional de determinado modelo.

Para Lopes (2011) o uso de uma ontologia permite a definição de um domínio no qual será possível trabalhar em determinada área específica, possibilitando a melhora no processo de extração de informação e o intercâmbio do conhecimento.

Como já descrito, a ontologia é uma técnica de EC que permite a representação formal de conhecimento em determinado domínio, podendo ser utilizada na web semântica. Além das justificativas encontradas na literatura, optou-se pelo seu uso, pois alguns trabalhos desta área já utilizam ontologia, e no que se refere à QoC, os trabalhos são iniciais, pouco aprofundados, onde percebe-se oportunidade para avanço nas pesquisas, com possíveis contribuições.

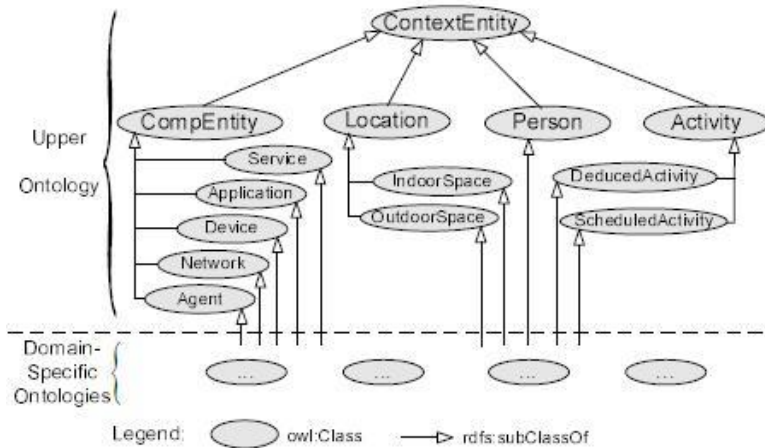
4.2 ONTOLOGIAS DE CONTEXTO

Nesta seção serão apresentadas algumas ontologias de contexto encontradas na literatura, alguns destes autores citados também utilizam ontologia de QoC que será abordado na próxima seção.

A Figura 12 ilustra a ontologia de contexto utilizada por Gu et al. (2004). Zheng (2011) utiliza esta mesma abordagem em seu trabalho onde propõem um framework sensível ao contexto que suporta QoC

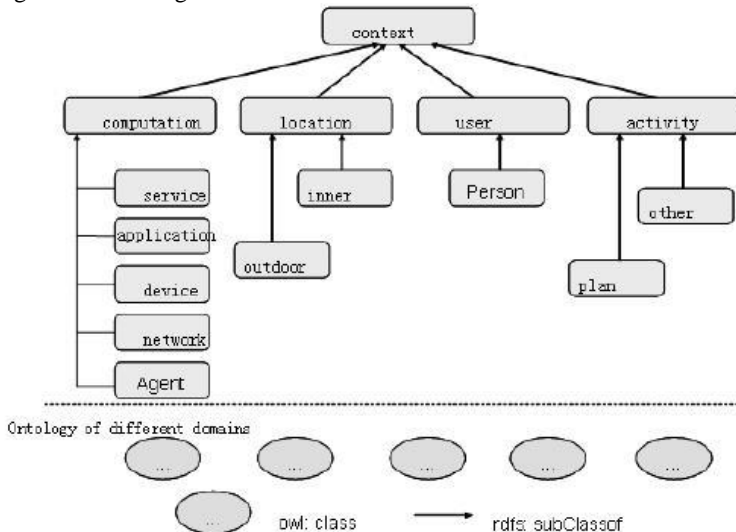
incluindo controle de *threshold*, descarte de contexto duplicado ou inconsistente. A ontologia de contexto pode ser observada na Figura 13, muito semelhante à anterior. Em ambos os casos as informações de contexto são compostas por: *computation*, *location*, *person/user*, *activity*.

Figura 12: Ontologia de Contexto



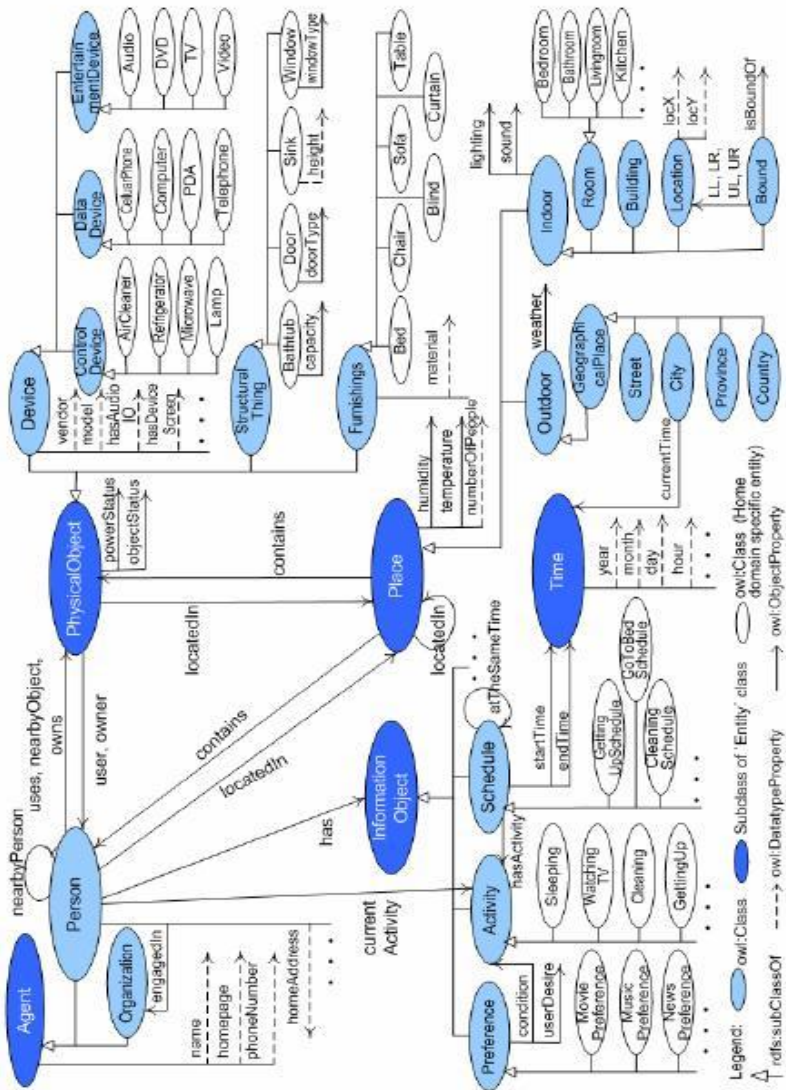
Fonte: (GU et al., 2004)

Figura 13: Ontologia de Contexto



Fonte: (ZHENG, 2011)

Figura 14: Ontologia de Contexto



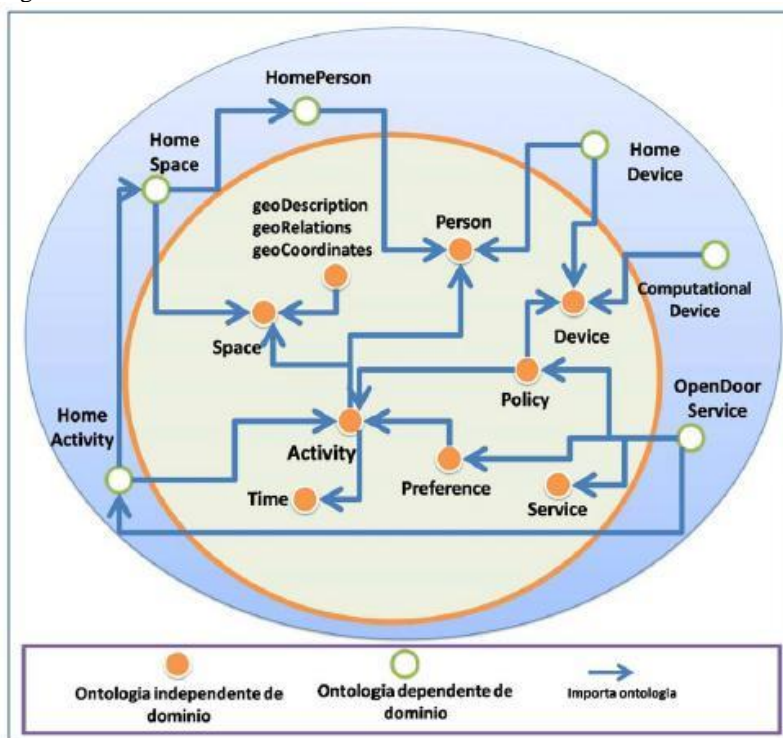
Fonte: (KIM; CHOI, 2006)

Kim e Choi (2006) apresentam um modelo de contexto baseado em ontologia em ambiente de computação ubíqua, no domínio de uma casa (*home*). Este modelo não trata QoC. A Figura 14 apresenta a estrutura da ontologia de contexto neste domínio (*home*). Foi definida a classe *Entity* com as subclasses: *Agent*, *PhysicalObject*, *InformationObject*, *Place* e *Time*. Outras classes são: *person*, *device*, *schedule*, *activity*, *preference*, *organization*, etc.

Em Bu et al. (2006) é utilizado o modelo conceitual EROntCom que consiste em ontologia, entidades, relacionamentos e dependências. O foco do trabalho é para a resolução de inconsistência, não detalhando a ontologia utilizada. Como trabalho futuro, é proposto tratar QoC em consumo de energia e recurso computacional de sensores.

Escobedo (2008) desenvolveu um modelo de contexto composto por várias ontologias, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15: Modelo de Contexto



Fonte: (ESCOBEDO, 2008)

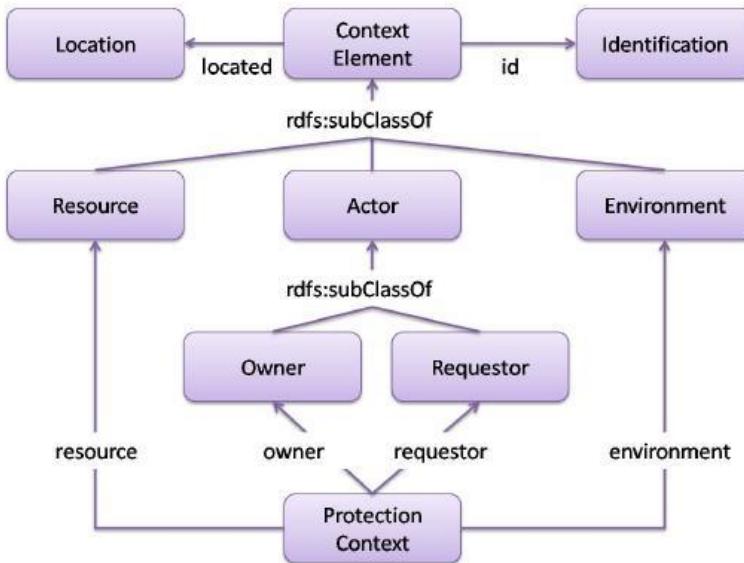
Este modelo é composto por dois níveis:

- No primeiro nível encontram-se as ontologias independentes de domínio: *Person, Space, Time, Device, Activity, Preference, Policy, Service*;
- No segundo nível encontram-se as ontologias dependentes de domínio, neste caso o domínio é uma casa inteligente. As seguintes ontologias são específicas para esse domínio: *HomePerson, HomeSpace, HomeDevice, ComputacionalDevice, OpenDoorService, HomeActivity*.

Cada uma destas ontologias é detalhada neste trabalho e um estudo de caso de uma casa inteligente é desenvolvido.

Toninelli e Corradi (2009) apresentam em seu trabalho o *framework* Proteus, que oferece controle de acesso sensível a QoC para o compartilhamento de recursos em ambientes pervasivos. A ontologia de contexto utilizada é ilustrada na Figura 16.

Figura 16: Ontologia de Contexto



Fonte: (TONINELLI; CORRADI, 2009)

Nesta ontologia é definido um contexto de proteção como uma subclasse de um contexto genérico que consiste de: recurso, agente e elementos de contexto do ambiente. Cada elemento de contexto é

caracterizado por uma propriedade de identidade e uma propriedade de localização que define a posição física ou lógica de uma entidade.

Bringel Filho et al. (2010) definem duas ontologias: uma para modelagem de contexto do usuário e outra de QoC (apresentada na próxima seção).

Na Figura 17 pode ser visualizada a ontologia de contexto do usuário que classifica as informações de contexto de acordo com cinco dimensões (*top class*): *spatial*, *temporal*, *spatial-temporal*, *social* e *computational*. São adicionados dois conceitos: *Environmental Element* (*temperature*, *luminosity*, *acceleration*) e *Activity Element* (*working*, *not working*).

São também definidos os principais conceitos relacionados ao contexto dos usuários: *Identity*, *Location* (*indoor*, *outdoor*), FOAF (*Friend Of A Friend*) *profiles* (*person*), *Activity*, *Time* (instante, período do dia).

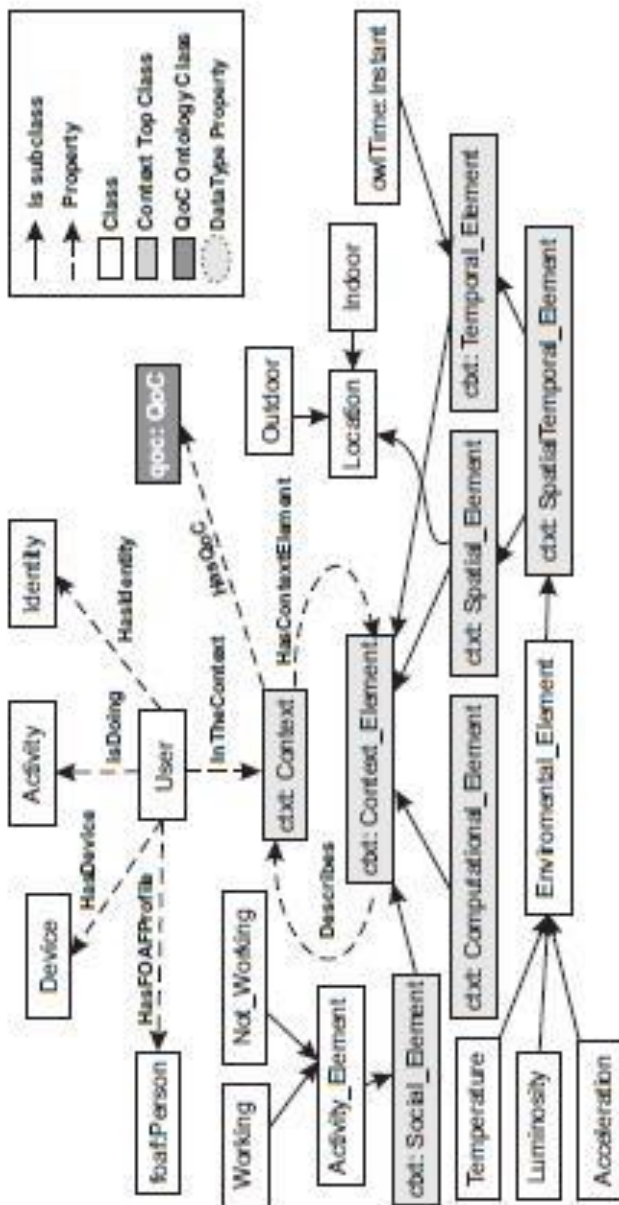
Em Bringel Filho e Agoulmine (2011) a ontologia de contexto do usuário (Figura 17) é adaptada e estendida, como ilustrada na Figura 18. São incluídos os elementos: *Health_Element* (*heart_rate*, *blood_pressure*, *pulse*), *Home_Appliance* (*refrigerator*, *microware*), *Home_Sensor* (*mattress*, *chair*, *door*).

4.3 ONTOLOGIAS DE QoC

No Quadro 8 (capítulo 2) foram listados os trabalhos encontrados na literatura que utilizam a QoC nas suas abordagens de representação de contexto. Destacaram-se os trabalhos que utilizam ontologias, estes trabalhos serão apresentados nesta seção.

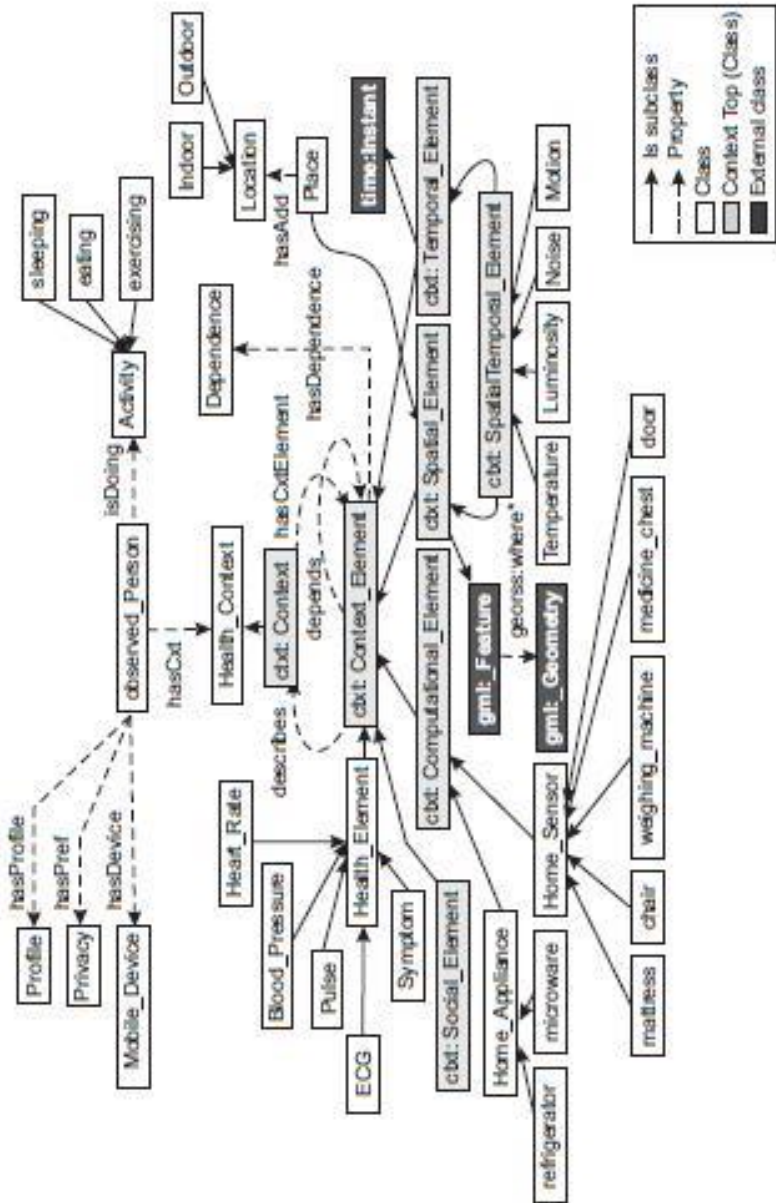
Como ilustrado na Figura 6, Gu et al. (2004) foi a primeira publicação identificada nesta pesquisa que apresenta uma ontologia de QoC. Naquele trabalho foi construída esta ontologia extensível para qualidade da informação de contexto, que é bem simples. Outros trabalhos utilizam esta ontologia de QoC como: (YING; FU-YUAN, 2006), (ZHENG; WANG; KERONG, 2012), (ZHENG; YAN; WANG, 2011), (ZHENG, 2011).

Figura 17: Ontologia de contexto do usuário



Fonte: (BRINGEL FILHO et al., 2010)

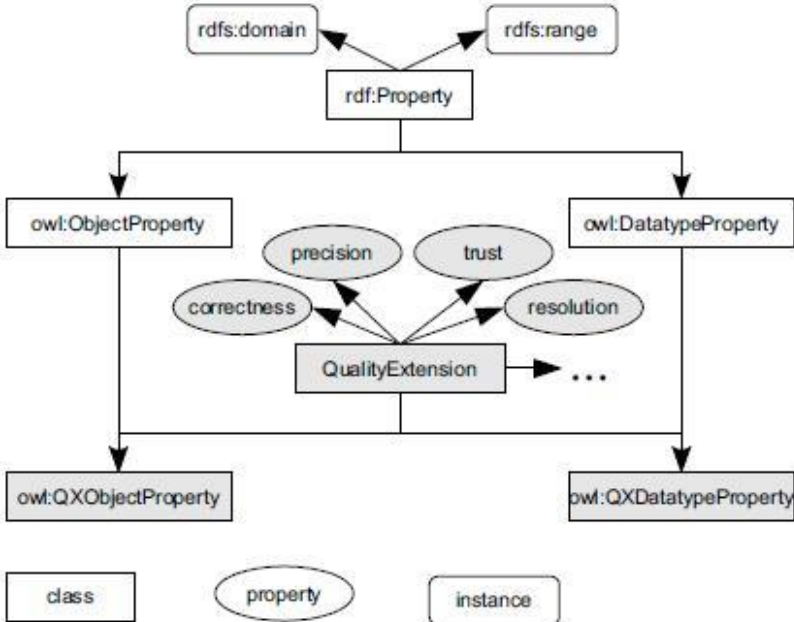
Figura 18: Ontologia de contexto da pessoa observada



Fonte: (FILHO; AGOULMINE, 2011)

Preuveneers e Berbers (2006) propõe uma extensão simples e leve para a linguagem OWL para modelar propriedades de QoC para lidar com informações de contexto ambíguas e imperfeitas, como representa a Figura 19.

Figura 19: Extensão OWL para QoC



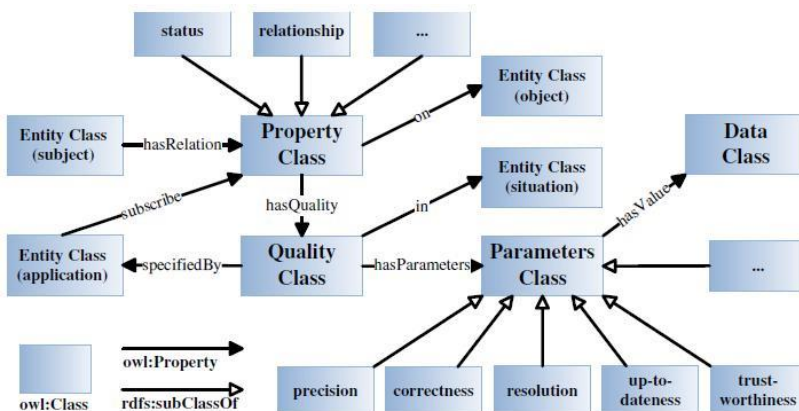
Fonte: (PREUVENEERS; BERBERS, 2006)

Tang, Yang e Wu (2007) propõem um modelo de QoC baseado em OWL-DL, que está relacionado com a situação e pode ser especificado por aplicações sensíveis ao contexto. Como ilustrado na Figura 20, a classe *Quality* está relacionada com a classe *Parameters* que define os parâmetros de QoC e está associada com a situação corrente. Este modelo de Tang, Yang e Wu (2007) foi implantado em dois cenários:

1 - Todos os produtos de uma despensa têm uma *tag* RFID (*Radio Frequency Identification*): o sistema é implantado para detectar se alguém entra no quarto e registra os produtos que são detectados pelo leitor RFID;

2 - Sistema de arquivos de contexto: o sistema usa o *status* do usuário relacionado a informações de contexto para classificar arquivos automaticamente e constrói diretórios virtuais para navegação rápida.

Figura 20: Ontologia de QoC

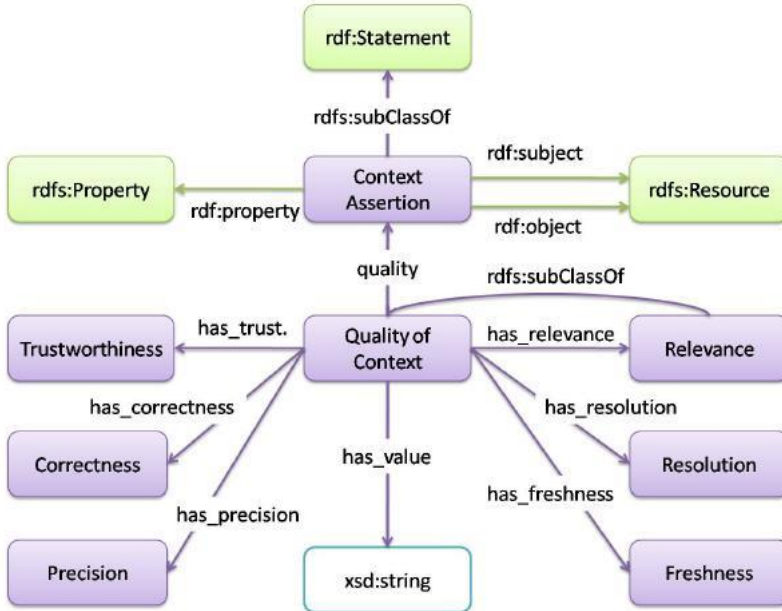


Fonte: (TANG; YANG; WU, 2007)

Pawar, van Halteren e Sheikh (2007) desenvolveram um *framework* de distribuição de contexto que visa prestar um serviço de infraestrutura voltada para as aplicações sensíveis ao contexto hospedadas em dispositivo móvel. Um dos aspectos tratados é a seleção das fontes de contexto adequadas com base na QoC. Este *framework* inclui suporte para ontologias para representar informações de contexto, a implementação usa a ontologia desenvolvida como parte do *projeto Amigo* (não trata sobre detalhes da ontologia).

Em Toninelli e Corradi (2009) o *framework* Proteus explora tecnologias de QoC e semântica para descartar dados de contexto com qualidade insuficiente, e para selecionar as políticas aplicáveis com base não só no contexto atual, mas também na sua qualidade. Isso ajuda a minimizar o risco de conceder acesso a recursos com base em informações de contexto incorreto ou ambígua, ao reduzir a sobrecarga devido a uma gestão política. A ontologia de QoC utilizada por este *framework* está representada na Figura 21, com uma classe *Quality of Context* e uma subclasse para cada parâmetro de QoC tratado.

Figura 21: Ontologia de QoC

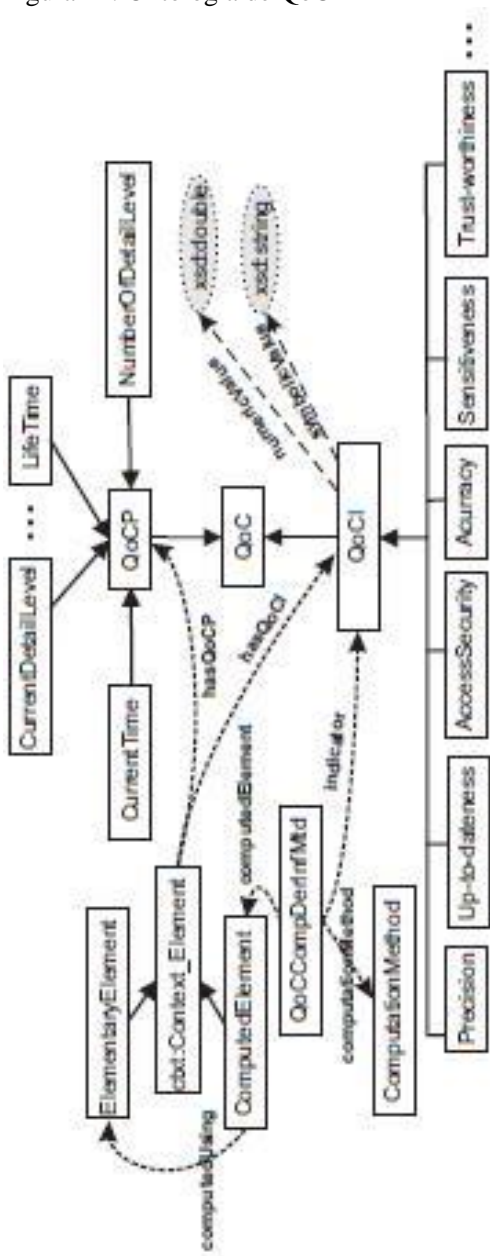


Fonte: (TONINELLI; CORRADI, 2009)

Bringel Filho et al. (2010) descrevem uma abordagem semântica para a modelagem e medição de qualidade de informações de contexto. A ontologia de QoC utilizada no modelo proposto é apresentada na Figura 22. O modelo é construído em torno de duas classes principais: QoCP (Parâmetros de QoC) e QoCI (Indicadores de QoC). A relação entre QoCI e QoCP foi apresentada no Quadro 7, sobre quantificação de parâmetros de QoC.

Para os autores, este modelo de QoC e os métodos de medição de QoC propostos podem ser estendidos e reutilizados para melhorar arquiteturas de gestão de contexto. Em Bringel Filho e Agoulmine (2011) também é utilizada a mesma ontologia de QoC.

Figura 22: Ontologia de QoC



Fonte: (FILHO et al., 2010)

4.4 CONSIDERAÇÕES

A ontologia pode contribuir para uma representação formal do domínio da Qualidade de Contexto. Este capítulo traz como contribuição o resultado da pesquisa realizada sobre ontologia e mais especificamente as ontologias de contexto e QoC encontradas na literatura.

As ontologias de contexto seguem classificações diferenciadas em relação às suas dimensões, algumas destas classificações foram citadas na seção 2.1. A ontologia utilizada por Gu et al. (2004) e Zheng (2011) é bem simplificada, onde contexto é composto por *computation*, *location*, *person/user*, *activity*.

Já Kim e Choi (2006) apresentam uma abordagem mais detalhada com o contexto sendo composto por: *agent*, *physicalObject*, *informationObject*, *place*, *time*, *person*, *device*, *schedule*, *activity*, *preference*, *organization*, entre outros.

No modelo de Escobedo (2008) o contexto é composto por várias ontologias, que podem ser independentes de domínio e dependentes de domínio. Este trabalho é bem interessante e detalhado, pode ser uma boa opção para ser reutilizado, principalmente o nível que é independente de domínio.

Toninelli e Corradi (2009) utiliza uma ontologia para contexto de proteção, seu trabalho trata o controle de acesso, onde o contexto é composto de recurso, agente, elementos do ambiente, identidade e localização. Esta ontologia também é bem simplificada.

Bringel Filho et al. (2010) define a ontologia de contexto do usuário com os seguintes elementos: *spatial*, *temporal*, *spatial-temporal*, *social*, *computational*, *environmental*, *activity*, *identity*, *location*, *person*, *activity*, *time*.

Esta ontologia é aprimorada em Bringel Filho e Agoulmine (2011) com alguns elementos sendo adicionados, como: *Health* (*heart_rate*, *blood_pressure*, *pulse*), *Home_Appliance* (*refrigerator*, *microwave*) e *Home_Sensor* (*mattress*, *chair*, *door*).

Já com relação as ontologias de QoC os trabalhos de Gu et al. (2004), Preuveneers e Berbers (2006), Tang, Yang e Wu (2007) e Toninelli e Corradi (2009) praticamente não tratam detalhes sobre QoC, apenas apresentam alguns parâmetros de QoC.

O trabalho de Bringel Filho et al. (2010) detalha um pouco mais, abordando QoCP (Parâmetros de QoC) e QoCI (Indicadores de QoC) estando a modelagem vinculada a proposta de quantificação de alguns parâmetros de QoC dos autores. Apesar de ser mais detalhada, a ontologia é específica para esta abordagem.

Percebe-se neste ponto uma boa oportunidade de avançar as pesquisas, contribuindo com esta área. Como apresentado no Capítulo 2, vários trabalhos definem parâmetros de QoC e alternativas de quantificação destes parâmetros, mas este conteúdo é pouco utilizado na representação de conhecimento deste domínio.

Pretende-se neste trabalho abordar a representação de conhecimento de QoC, utilizando-se ontologias, reutilizando trabalhos encontrados na literatura, sempre que possível. No capítulo seguinte é apresentada a proposta de um modelo de conhecimento de qualidade de contexto.

5 PROPOSTA DE UM MODELO DE CONHECIMENTO DE QUALIDADE DE CONTEXTO

A utilização de ontologias para modelar conhecimento em domínios específicos se tornou um aspecto a considerar para integração de informação de diferentes origens. Neste sentido, a utilização de ontologias como modelo de conhecimento é incentivada, visto que as ontologias representam conhecimento para a comunicação entre os seres humanos, primam pela estruturação, pela organização e pela integração de conhecimento. Tais assertivas confirmam a utilização de ontologias para formalizar modelos de conhecimento (RAUTENBERG, 2009).

Diante das classificações de ontologias apresentadas (seção 4.1.1), a ontologia desenvolvida e descrita nesta tese pode ser caracterizada segundo o conteúdo representado, como ontologia para modelagem de conhecimento (HEIJST; SCHREIBER; WIELINGA, 1997). De acordo com a hierarquia como ontologia de domínio (GUARINO, 1998) e quanto à expressividade como ontologia de menor expressividade (GÓMEZ-PÉREZ; CORCHO, 2002).

Desta forma, este capítulo apresenta a proposta de um modelo de conhecimento de qualidade de contexto formalizado através de uma ontologia. São descritos os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento do modelo proposto e o processo de criação do modelo de conhecimento a partir de cinco ciclos de desenvolvimento. Finalizando, tem-se as considerações sobre este capítulo.

5.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do modelo de conhecimento proposto está baseada em Rautenberg (2009). Onde o processo para construção de ontologia foi elaborado combinando as melhores práticas das metodologias *On-to-Knowledge* (SURE; STUDER, 2003), *Methontology* (GÓMEZ-PÉREZ; CORCHO; FERNÁNDEZ-LÓPES, 2004) e do guia *Ontology Development 101* (NOY; MCGUINNESS, 2008), onde:

- *On-to-Knowledge* - contribui na especificação dos requisitos da ontologia, por meio do emprego de questões de competência como modo simples e direto para confirmar o propósito e o escopo de uma ontologia. Tal fato permite identificar antecipadamente, conceitos, propriedades, relações e instâncias.

- *Methontology* - por meio de uma rica gama de artefatos, contribui na documentação e na verificação de ontologias.
- *Ontology Development 101* - contribui com uma visão clara de como se dá um processo iterativo para o desenvolvimento de ontologias.

Este processo metodológico está baseado em quatro atividades e suas tarefas, como descrito a seguir:

1. **Especificação:**

- a. Identificar o propósito da ontologia - identificar em que ambiente o modelo se insere, por que o modelo deve ser desenvolvido, entre outros;
- b. Identificar o escopo da ontologia - responder as questões gerais como “quem são os usuários”, “quais são as intenções de uso”, entre outras;
- c. Considerar o reuso de ontologias - verificar a existência de demais ontologias correlacionadas para fazer uso de conceitos já estabelecidos;
- d. Identificar as fontes de conhecimento - procurar por livros, artigos, dicionários, entre outras fontes, das quais pode-se abstrair conceitualizações;

2. **Aquisição do conhecimento:**

- a. Gerar as questões de competência - entrevistar especialistas de domínio na perspectiva que estes elaborem questões que a ontologia deva responder e que relacionem os termos, jargões e relacionamentos presentes no domínio;
- b. Listar os termos da ontologia - a partir das fontes de conhecimento e das questões de competência, enumerar termos comumente utilizados pelos especialistas de domínio;
- c. Agregar os elementos reutilizáveis - uma vez definidas as ontologias que tem aderência ao modelo proposto, capturar delas alguns elementos;
- d. Definir as classes - verificar na lista de termos, das fontes de conhecimento e dos elementos reutilizados se o entendimento de um termo remete a um conceito geral do domínio;
- e. Definir as propriedades das classes - verificar na lista de termos, das fontes de conhecimento e dos elementos

reutilizados se o entendimento de um termo remete a um dado necessário de algum conceito geral do domínio;

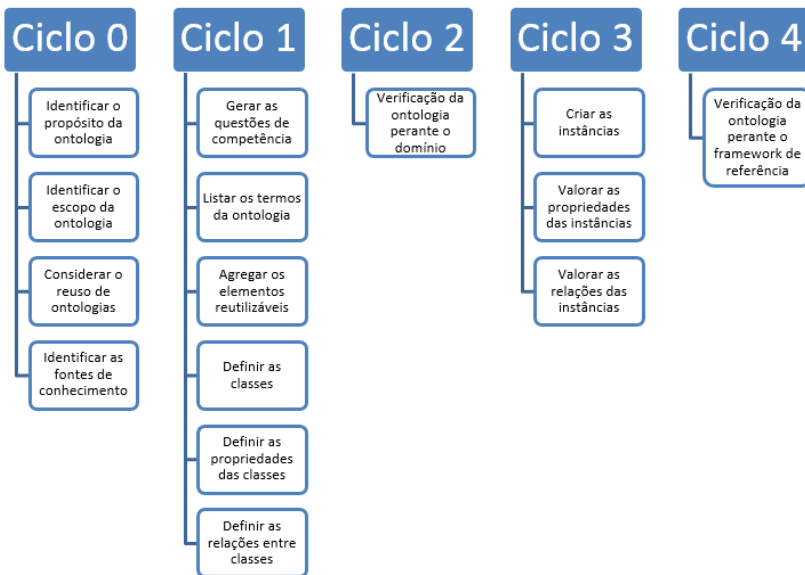
- f. Definir as relações entre classes - verificar na lista de termos, das fontes de conhecimento e dos elementos reutilizados se o entendimento de um termo remete a uma associação entre dois ou mais conceitos do domínio;
 - g. Definir as restrições - para cada propriedade e relação de classes, verificar a existência de alguma regra que possa ser atribuída ao seu valor. Por exemplo, para a propriedade idade, a restrição que esta não pode receber valores negativos;
 - h. Criar as instâncias – para cada classe associar os termos tidos como instâncias, que caracterizam-se como exemplos concretos da classe em questão;
3. **Implementação:**
- a. Valorar as propriedades das instâncias - definir os valores para cada propriedade de dados dos elementos da ontologia;
 - b. Valorar as relações das instâncias - definir explicitamente os valores para cada relação entre as instâncias da ontologia;
 - c. Valorar as restrições – para cada instância deve-se valorar as restrições presentes no domínio quanto aos valores possíveis para as suas propriedades de dados e para suas relações admitidas com a classe da ontologia.
4. **Verificação:**
- a. Verificação técnica da ontologia perante o domínio - verificar se a ontologia não expressa inconsistências em relação ao entendimento aceito sobre o domínio nas fontes de conhecimento;
 - b. Verificação técnica da ontologia perante o *framework* de referência - revisar o propósito, o escopo e as questões de competência da ontologia para avaliar a consistência da ontologia frente os requisitos levantados;
 - c. Verificação da ontologia - questionar os possíveis usuários da ontologia, quanto à utilidade, à precisão e a cobertura da ontologia na explicitação do conhecimento modelado.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE CONHECIMENTO

As tarefas anteriormente descritas foram desempenhadas em cinco ciclos de desenvolvimento do modelo, distribuídas de acordo com a representação da Figura 23:

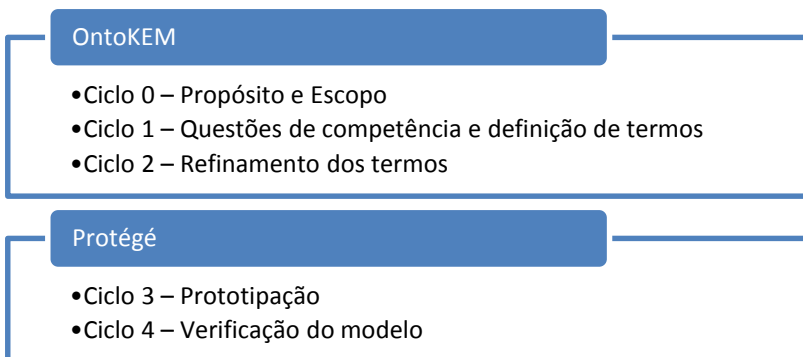
- Ciclo 0 – Propósito e Escopo;
- Ciclo 1 – Levantamento das questões de competência e definição de termos;
- Ciclo 2 – Refinamento dos termos;
- Ciclo 3 – Prototipação;
- Ciclo 4 – Verificação do modelo.

Figura 23: Distribuição de tarefas nos ciclos de desenvolvimento da Ontologia



No processo de construção de ontologias são utilizados ambientes específicos que oferecem uma série de recursos e funcionalidades que auxiliam e facilitam o desenvolvimento do trabalho. Existem inúmeras dessas ferramentas disponíveis que, embora tenham em comum o objetivo de oferecer facilidades para o desenvolvimento de uma ontologia, oferecem diferentes recursos e funções. As ferramentas utilizadas na construção deste modelo são descritas a seguir e representadas na Figura 24.

Figura 24: Ferramentas utilizadas X Ciclos de desenvolvimento



- **OntoKEM** – A ferramenta *Ontology for Knowledge Engineering and Management*, conhecida como ontoKEM, desenvolvida no Laboratório de Engenharia do Conhecimento da UFSC, apoia o processo de construção e documentação de ontologias (LEC-EGC-UFSC, 2009), (TODESCO et al., 2009). A OntoKEM foi utilizada no Ciclo 0, Ciclo 1 e Ciclo 2, gerando artefatos de documentação de ontologias automaticamente.
- **Protégé** – A ferramenta Protégé suporta a criação, visualização e manipulação de ontologias (PROTÉGÉ, 2013). Foi utilizada no Ciclo 3 e Ciclo 4, permitindo criar instâncias, valorando as propriedades e as relações, propiciando um ambiente de testes para a verificação.

Os ciclos de desenvolvimento do modelo de conhecimento de qualidade de contexto proposto serão descritos a seguir, com ênfase em aspectos considerados mais relevantes.

5.2.1 Ciclo 0 – Propósito e Escopo

A identificação do propósito e do escopo da ontologia representa o ponto inicial para o desenvolvimento do modelo de conhecimento proposto. Ainda neste ciclo foram executadas as tarefas: considerar o reuso de ontologias e identificar as fontes de conhecimento. Ou seja, este ciclo caracteriza-se pelas tarefas da atividade de Especificação, descrita nos procedimentos metodológicos.

O **propósito** desta Ontologia é modelar o conhecimento relacionado ao tema Qualidade de Contexto. Esta necessidade foi

identificada devido à complexidade e diversidade de informações relacionadas a esta temática. Na fase inicial deste estudo, a revisão de literatura mostrou que os conceitos não estão consolidados. Um dos principais desafios desta área é a falta de uniformização de nomenclaturas, definições, quantificação e consequentemente de modelagem, o que dificulta o compartilhamento de informações de contexto e de QoC pela falta de um vocabulário comum.

Com o levantamento bibliográfico realizado, gerou-se uma taxonomia de QoC para uma organização inicial do conhecimento. Com base nesta taxonomia foi modelada a ontologia com o objetivo de uma melhor estruturação, organização e integração de conhecimento neste domínio, baseado na literatura.

Esta ontologia estará relacionada a ontologias de contexto, que podem conter informações de contexto de domínios diversos, como ambientes inteligentes, cuidados com a saúde, entretenimento, entre outros.

O **escopo** da ontologia está voltado a pesquisadores e/ou desenvolvedores do tema qualidade de contexto em diversos cenários da computação sensível ao contexto. Onde a ontologia poderá ser utilizada inicialmente para o entendimento deste tema baseado nos trabalhos da literatura, principalmente artigos de conferências e periódicos. Espera-se que este conhecimento estruturado facilite bastante as próximas pesquisas na área.

Nesta etapa a ontologia não será utilizada no experimento com sensores, para isso será necessária uma ampliação da ontologia com configuração de sensores, regras de avaliação de QoC e inclusão dos resultados obtidos, conforme indicado na descrição de trabalhos futuros.

A ontologia ficará disponível para reuso total ou parcialmente, de acordo com a necessidade do usuário, que inclusive poderá contribuir com a mesma.

A documentação relativa ao escopo do projeto, gerada pela ferramenta OntoKEM encontra-se no Apêndice B.

A tarefa **considerar o reuso de ontologias** visa verificar a existência de demais ontologias correlacionadas para fazer uso de conceitos já estabelecidos. Considerou-se reuso buscando ontologias de QoC na literatura, que foram consideradas na modelagem. Os trabalhos de GU et al. (2004), Preuveneers e Berbers (2006), Tang, Yang e Wu (2007) e Toninelli e Corradi (2009) apresentam alguns parâmetros de QoC. Já o trabalho de Bringel Filho et al. (2010) detalha um pouco mais,

abordando Parâmetros de QoC (QoCP) e Indicadores de QoC (QoCI) modelando a proposta de quantificação de parâmetros dos autores.

As **fontes de conhecimento** foram identificadas a partir do levantamento da literatura sobre o tema qualidade de contexto e posterior classificação dos trabalhos na Taxonomia de QoC proposta (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2012b). Esta taxonomia serviu de ponto de partida para a modelagem da ontologia, sendo a principal fonte de conhecimento utilizada, além das próprias referências citadas neste trabalho.

Considerando este ciclo inicial, a identificação do propósito e escopo da ontologia, a identificação de ontologias para reuso de conceitos e a identificação das fontes de conhecimento são resultados importantes para a continuidade dos demais ciclos previstos no processo metodológico adotado.

5.2.2 Ciclo 1 – Levantamento das questões de competência e definição de termos

O objetivo deste ciclo é elaborar questões pertinentes que o modelo proposto deve atender. Neste ciclo também foram executadas as tarefas: listar os termos da ontologia, agregar os elementos reutilizáveis, definir as classes, definir as propriedades das classes, definir as relações entre classes.

A tarefa de elaboração das **questões de competência** foi executada sem a participação de especialistas externos, especialmente pela dificuldade em encontrar um especialista que pudesse contribuir com a pesquisa. No entanto as questões de competência foram elaboradas com base no levantamento sistemático realizado, na taxonomia de QoC elaborada neste estudo, nas demais fontes de conhecimento identificadas sobre este domínio, além do propósito e escopo da ontologia.

As perguntas consideradas inicialmente na modelagem estão relacionadas a seguir. No Apêndice C, tem-se a documentação gerada pelo OntoKEM relativa as perguntas de competência, relacionando os termos e relações sugeridos para cada pergunta.

- Qual a definição de QoC?
- Quais são os parâmetros sugeridos para medir QoC (definição X autores)?
- Que parâmetros de QoC são utilizados com mais frequência?
- Que modelos são utilizados na representação de QoC (tipo de representação X autores)?

- Quais são as aplicações de QoC (tema abordado X autores)?
- Como são medidos (quantificados) os parâmetros de QoC (forma X autores)?
- Como avaliar a QoC?
- Em que referência bibliográfica se encontra informações a respeito de QoC?
- Que cenários já foram utilizados com QoC (cenário X autores)?
- Onde se pesquisa a respeito de QoC (Centro de pesquisa, universidade)?
- Quem são os pesquisadores que trabalham com o tema QoC?

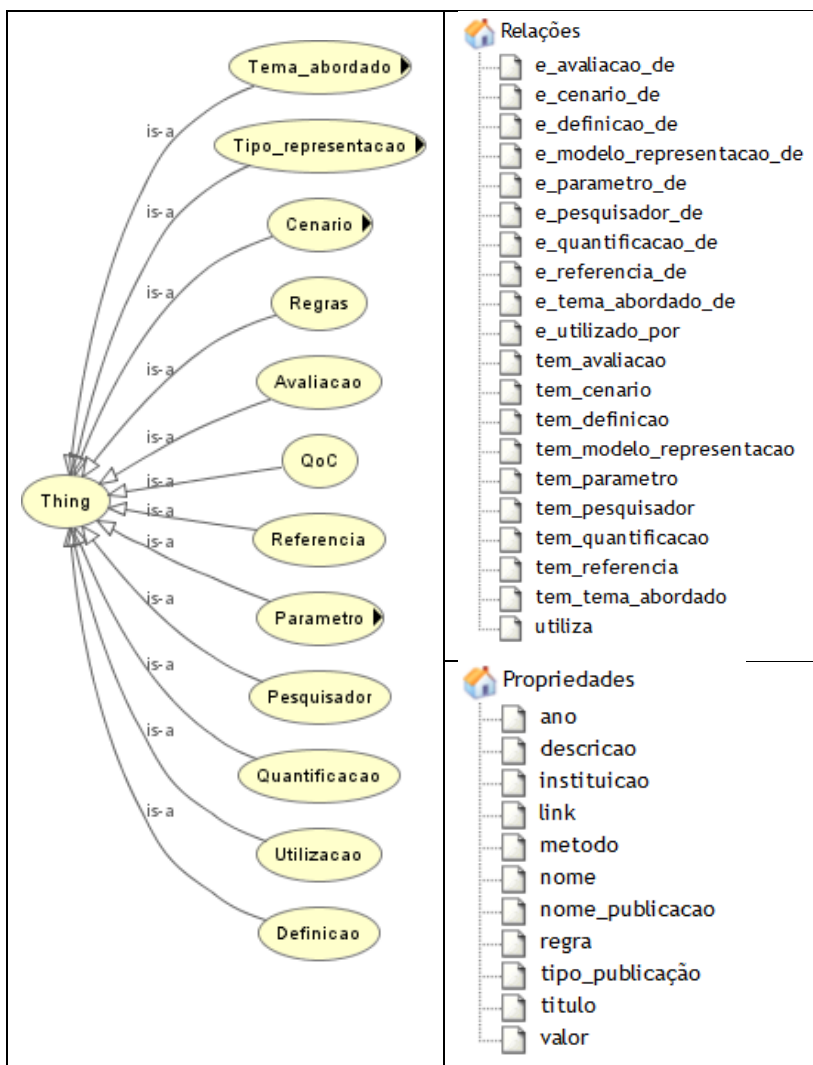
Outras perguntas ainda foram elaboradas e podem ser consideradas para a inclusão na modelagem em etapas posteriores, como:

- Qual o custo de aplicação de QoC?
- Qual a vantagem de uso de QoC?
- Qual a desvantagem de uso de QoC?
- Qual o desempenho no uso de QoC?
- Onde se pode aplicar QoC (outros tipos de aplicação)?
- Qual é o cenário ideal de aplicação de QoC?
- Quem são os usuários envolvidos na utilização de QoC?
- Por que utilizar QoC?
- Por que não utilizar QoC?
- Quando é recomendado utilizar QoC?
- Quando não é recomendado utilizar QoC?

A partir das fontes de conhecimento identificadas, das questões de competência elaboradas e dos **elementos reutilizáveis** das ontologias encontradas na literatura, obteve-se uma lista de possíveis **termos para a ontologia**.

Na sequência, foi verificado para cada termo, se o seu entendimento remete a um conceito geral do domínio, gerando uma versão inicial de **possíveis classes** e subclasses. Da mesma forma, foram definidas as possíveis relações entre as classes e as possíveis propriedades das classes. A Figura 25 mostra o resultado deste ciclo. No ciclo seguinte é realizado então o refinamento destes termos identificados nesta etapa.

Figura 25: a) Classes, b) Relações entre Classes, c) Propriedades das Classes



5.2.3 Ciclo 2 – Refinamento dos termos

Neste ciclo é feita uma verificação técnica da ontologia perante o domínio, na busca por possíveis inconsistências em relação ao domínio nas fontes de conhecimento. Com base nesta revisão, é feito o

refinamento dos termos neste ciclo, tanto para classes, como relações entre classes e propriedades das classes.

Com relação às Classes os seguintes ajustes foram realizados:

- Eliminada a classe *Regras*, será propriedade da classe *Avaliação*;
- Eliminada a classe *Utilização*, será uma relação entre as classes *Referência* e *Parâmetro*;
- A classe *Tipo_representação* foi renomeada para *Modelo_representação*;
- Foi incluída a classe *Valor*;
- A classe *Parâmetro* não terá subclasses, os parâmetros serão instâncias desta classe;

Após este ciclo, tem-se as **classes** e as suas subclasses descritas a seguir e representadas na Figura 26:

Avaliação: Classe que representa as instâncias de regras de avaliação de QoC e seus parâmetros.

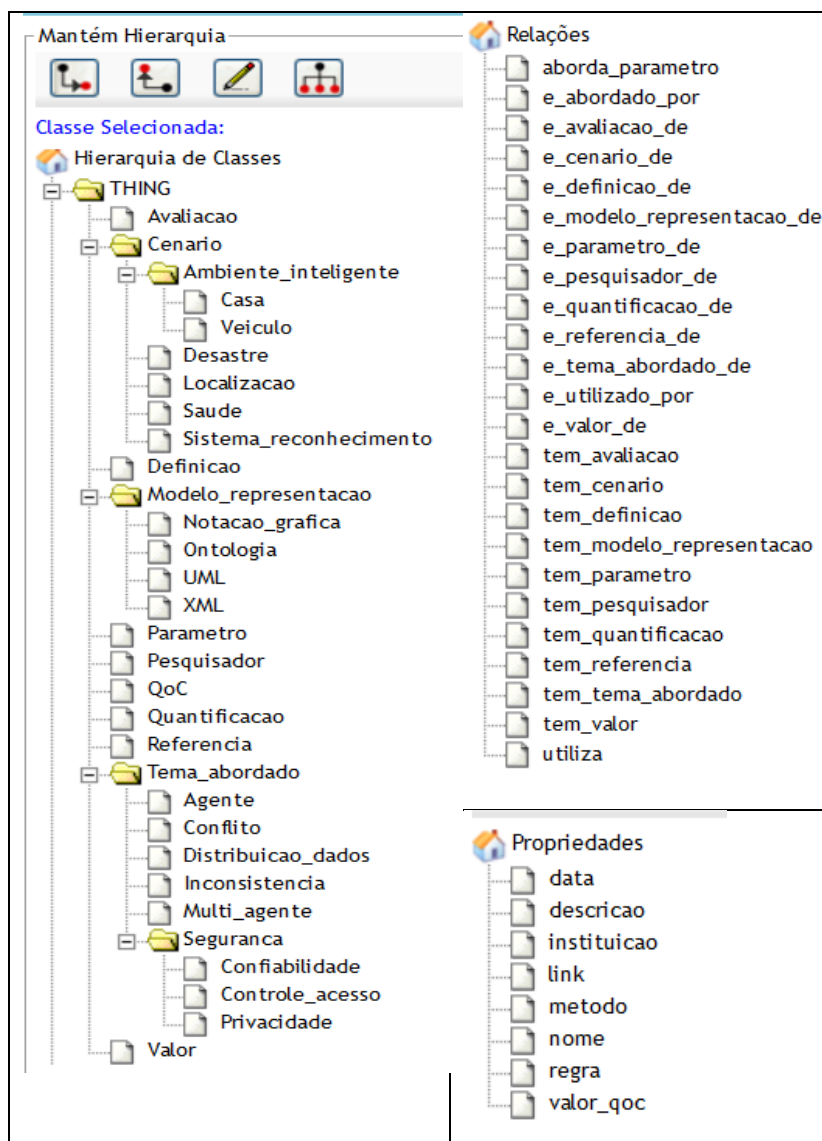
Cenário: Classe que representa as instâncias de cenários utilizados em trabalhos que tratam QoC.

- **Ambiente_inteligente:** Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam ambiente inteligente como cenário.
 - **Casa:** Subclasse de Ambiente_inteligente que representa as instâncias de trabalhos que utilizam uma casa como cenário.
 - **Veículo:** Subclasse de Ambiente_inteligente que representa as instâncias de trabalhos que utilizam um veículo como cenário.
- **Desastre:** Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam cenário de desastre.
- **Localização:** Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que tratam a localização no cenário abordado.
- **Saúde:** Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam cenário relacionado à saúde.
- **Sistema_reconhecimento:** Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam sistema de reconhecimento em seu cenário.

Definição: Classe que representa as instâncias de definições de determinado termo, baseado em algum autor da literatura.

Modelo_representação: Classe que representa as instâncias de modelos de representação utilizados em trabalhos que tratam QoC.

Figura 26: a) Hierarquia de Classes, b) Relações entre Classes, c) Propriedades das Classes



- **Notação gráfica:** Subclasse de Modelo_representação que representa as instâncias de trabalhos que utilizam notação gráfica como modelo de representação.
- **Ontologia:** Subclasse de Modelo_representação que representa as instâncias de trabalhos que utilizam ontologia como modelo de representação.
- **UML:** Subclasse de Modelo_representação que representa as instâncias de trabalhos que utilizam UML como modelo de representação.
- **XML:** Subclasse de Modelo_representação que representa as instâncias de trabalhos que utilizam XML como modelo de representação.

Parâmetro: Classe que representa as instâncias de parâmetros de qualidade de contexto a serem avaliados.

Pesquisador: Classe que representa as instâncias de pesquisadores da área.

QoC: Classe que representa as instâncias de Qualidade de Contexto a serem avaliadas.

Quantificação: Classe que representa as instâncias de métodos de quantificação de parâmetros de QoC.

Referência: Classe que representa as instâncias com as informações de um item bibliográfico.

Tema_abordado: Classe que representa as instâncias de temas abordados em trabalhos que tratam QoC.

- **Agente:** Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que utilizam agentes.
- **Conflito:** Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam problemas de conflito.
- **Distribuição_dados:** Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam a distribuição de dados.
- **Inconsistência:** Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam problemas de inconsistência.
- **Multi_agente:** Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que utilizam multiagentes.
- **Segurança:** Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões de segurança.

- **Confiabilidade:** Subclasse de Segurança que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões específicas de confiabilidade.
- **Controle acesso:** Subclasse de Segurança que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões específicas de controle de acesso.
- **Privacidade:** Subclasse de Segurança que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões específicas de privacidade.

Valor: Classe que representa as instâncias de valores de QoC e seus parâmetros.

Neste ciclo foram incluídas as relações entre Classes:

- e_valor_de;
- tem_valor;
- aborda_parâmetro;
- e_abordado_por;

Após os ajustes realizados as **relações entre classes** definidas são descritas a seguir, também estão representadas na Figura 26.

Aborda_parametro: Relação que mapeia a classe Referência à classe Parâmetro. Refere-se à abordagem de definição de parâmetro (teoricamente).

E_abordado_por: Relação inversa de aborda_parametro.

E_avaliação_de: Relação inversa de tem_avaliação.

E_cenário_de: Relação inversa de tem_cenário.

E_definição_de: Relação inversa de tem_definição.

E_modelo_representação_de: Relação inversa de tem_modelo_representação.

E_parâmetro_de: Relação inversa de tem_parâmetro.

E_pesquisador_de: Relação inversa de tem_pesquisador.

E_quantificação_de: Relação inversa de tem_quantificação.

E_referência_de: Relação inversa de tem_referência.

E_tema_abordado_de: Relação inversa de tem_tema_abordado.

E_utilizado_por: Relação inversa de utiliza.

E_valor_de: Relação inversa de tem_valor.

Tem_avaliação: Relação que mapeia as classes: Parâmetro e QoC à classe Avaliação.

Tem_cenário: Relação que mapeia a classe QoC à classe Cenário.

Tem_definição: Relação que mapeia as classes: Parâmetro e QoC à classe Definição.

Tem_modelo_representação: Relação que mapeia a classe QoC à classe Modelo_representação.

Tem_parâmetro: Relação que mapeia a classe QoC à classe Parâmetro.

Tem_pesquisador: Relação que mapeia a classe Referência à classe Pesquisador.

Tem_quantificação: Relação que mapeia as classes: Parâmetro e QoC à classe Quantificação.

Tem_referência: Relação que mapeia as classes: Definição, Quantificação, Cenário, Modelo_representação e Tema_abordado à classe Referência.

Tem_tema_abordado: Relação que mapeia a classe QoC à classe Tema_abordado.

Tem_valor: Relação que mapeia as classes: Parâmetro e QoC à classe Valor.

Utiliza: Relação que mapeia a classe Referência à classe Parâmetro. A referência utiliza determinado parâmetro de QoC em experimento ou estudo de caso (prático).

Com relação às propriedades das classes, as seguintes alterações foram realizadas neste ciclo de desenvolvimento:

- Eliminadas as propriedades: *ano*, *nome_publicacao*, *tipo_publicacao*, *título*. Todas estas informações ficarão na *descrição* da classe *Referência*;
- Incluída a propriedade *data*, relacionada a classe *Valor*;
- Renomeada a propriedade *valor* para *valor_qoc*, diferenciando assim da classe *Valor*;

Após os ajustes realizados, as **propriedades das classes** são descritas a seguir, também estão representadas na Figura 26.

Data: Propriedade de Dados que armazena a data de inserção de informação para a classe *Valor*.

Descrição: Propriedade de Dados que armazena a descrição de determinada classe.

Instituição: Propriedade de Dados que armazena a instituição para a classe *Pesquisador*.

Link: Propriedade de Dados que armazena link para a classe *Referência*.

Método: Propriedade de Dados que armazena o método ou forma utilizada para quantificar um parâmetro ou QoC geral para a classe Quantificação.

Nome: Propriedade de Dados que armazena o nome para a classe Pesquisador.

Regra: Propriedade de Dados que armazena a regra de avaliação de QoC para a classe Avaliação.

Valor_qoc: Propriedade de Dados que armazena o valor de QoC para a classe Parâmetro e QoC.

Após este ciclo, foi gerada a documentação na ferramenta OntoKEM que inclui os documentos:

- Escopo do projeto (Apêndice B);
- Perguntas de Competência (Apêndice C);
- Definição de Classes;
- Propriedades de Tipos de Dados;
- Relações entre Classes;
- Vocabulário Completo – inclui Classes, Propriedade de Dados e Relações entre Classes (Apêndice D);
- Hierarquia de Classes (Apêndice E);
- Dicionário de Classes (Apêndice F).

5.2.4 Ciclo 3 – Prototipação

O objetivo deste ciclo é a atividade de prototipação da ontologia. De acordo com o processo metodológico adotado, foram executadas as tarefas: criar as instâncias, valorar as propriedades das instâncias, valorar as relações das instâncias.

Neste ciclo foi utilizada a ferramenta Protégé. O código OWL gerado pela ferramenta OntoKEM foi importado no Protégé. Foi feita uma revisão e alguns ajustes foram necessários antes de continuar o processo, por exemplo, as relações inversas não foram importadas, entre outros detalhes.

Mais de trezentas instâncias foram criadas nesta etapa, sendo valoradas suas propriedades e relações entre as instâncias, visando responder as questões de competência escolhidas. As quantidades de instâncias de algumas classes estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de instância por classe da ontologia

Classe	Quantidade
Cenário	18
Definição	56
Modelo_representação	10
Parâmetro	43
Pesquisador	135
Quantificação	21
Referência	64
Tema_abordado	17

Na Figura 27 pode-se ver uma parte das instâncias da classe Parâmetro.

Já a Figura 28 detalha a instância da classe Parâmetro *Up-to-dateness*, onde pode-se perceber todas as relações valoradas para esta instância e a propriedade valorada ‘descrição’.

Cada relação entre instâncias pode ser explorada. Como exemplo, a relação ‘tem_definição’ da Figura 28, relaciona as instâncias ‘parametro_Up-to-dateness’ e ‘definição_Up-to-dateness’, que é detalhada na Figura 29. A definição deste parâmetro está descrita na propriedade ‘descrição’ de acordo com a referência indicada na relação ‘tem_referência’ com a instância ‘(BUCHHOLZ; KÜPPER; SCHIFFERS, 2003)’.

Figura 27: Instâncias da classe Parâmetro.

comment (language: pt)

DEFINIÇÃO: Classe que representa as instâncias de parâmetros de qualidade de conteúdo a serem avaliados.

Description: Parâmetro

Membros

- parametro_Access_Right
- parametro_Access_Security
- parametro_Accuracy
- parametro_Availability
- parametro_Certainty
- parametro_Completeness
- parametro_Confidence
- parametro_Context_consistency_probability
- parametro_Context_correctness_probability
- parametro_Cost
- parametro_Coverage
- parametro_Currency
- parametro_Data_retrieval_time
- parametro_Delay_time
- parametro_Frequency
- parametro_Freshness
- parametro_Integrity
- parametro_Measurement_time
- parametro_Origin
- parametro_Precision
- parametro_Price
- parametro_Priority
- parametro_Probability_of_correctness
- parametro_Refresh_rate
- parametro_Relevance
- parametro_Reliability
- parametro_Repeatability**

- Avaliacao
- Cenario
- Definicao
- definicao_parametros_Confianca_sensor
- definicao_parametros_Consistencia
- definicao_parametros_Correcao
- definicao_parametros_Custo
- definicao_parametros_Nivel_observacao
- definicao_parametros_Relevancia
- definicao_parametros_Seguranca
- definicao_parametros_Temporal
- definicao_parametros_Valor_informacao
- definicao_QoC
- e_cenario_de_QoC
- e_modelo_representacao_QoC
- e_parametro_de_QoC
- e_pesquisador_de_referencia
- e_pesquisador_Dobra
- e_pesquisador_UFSC
- e_tema_abordado_QoC
- Modelo_representacao
- Parâmetro
- parametro_abordado_alguns_referencia
- parametro_utilizado_por_referencia
- Pesquisador
- QoC
- Quantificacao
- quantificacao_parametro
- quantificacao_parametro_seguranca
- quantificacao_QoC_geral
- Referencia
- referencia_aborda_alguns_parametro
- referencia_aborda_parametro_Seguranca
- referencia_cenario
- referencia_definicao
- referencia_modelo_representacao
- referencia_quantificacao
- referencia_tema_abordado
- referencia_tema_abordado_confito
- referencia_tema_abordado_inconsistencia
- referencia_utiliza_parametro
- tem_definicao
- Tema_abordado
- Valor

Figura 28: Detalhe do Parâmetro Up-to-dateness

The screenshot displays a window titled "Property assertions: parametro_Up_to_dateness". It is divided into two main sections: "Object property assertions" and "Data property assertions".

Object property assertions: This section contains a list of assertions, each with a blue square icon, a question mark, an '@' symbol, and a close button. The assertions are:

- e_parametro_de QoC_instancia**
- tem_definicao definicao_Up-to-dateness**
- e_abordado_por** '(FILHO_et_al.,_2010)'
- e_abordado_por** '(MANZOOR;_TRUONG;_DUSTDAR,_2008)'
- e_abordado_por** '(KIM,_Y.;_LEE,_2006)'
- e_abordado_por** '(FILHO;_MARTIN,_2008a)'
- e_abordado_por** '(BUCHHOLZ;_KÜPPER;_SCHIFFERS,_2003)'
- e_abordado_por** '(HUEBSCHER;_MCCANN,_2004)'
- tem_quantificacao** *quantificacao_Nazario*
- tem_quantificacao** *quantificacao_Manzoor_2008*
- tem_quantificacao** *quantificacao_Brgulja*
- tem_quantificacao** *quantificacao_Zheng*
- e_utilizado_por** '(BRGULJA_et_al.,_2009)'
- e_utilizado_por** '(NAZÁRIO_et_al.,_2014a)'

Data property assertions: This section contains one assertion: **descricao "Up-to-dateness"**.

Figura 29: Definição do Parâmetro Up-to-dateness

The screenshot displays a window titled "Annotations: definicao_Up-to-dateness". It is divided into three main sections: "Annotations", "Discretion", and "Property assertions".

Annotations: This section shows two equivalent annotations:

- definicao_Freshness_Widya**
- definicao_Timeliness_Luo**

Discretion: This section shows the type **Definicao** and its subtypes:

- definicao_parametros_Temporal**
- definicao_tem_referencia**

Property assertions: This section shows two assertions:

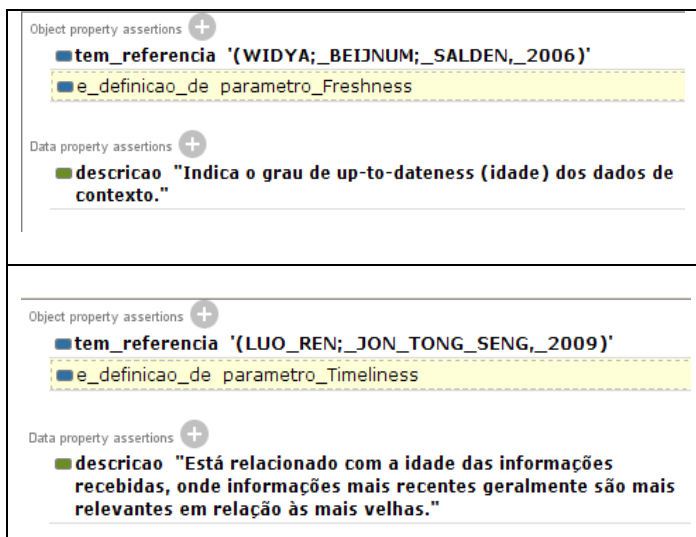
- tem_referencia** '(BUCHHOLZ;_KÜPPER;_SCHIFFERS,_2003)'
- e_definicao_de** *parametro_Up_to_dateness*

Data property assertions: This section contains one assertion:

- descricao** "Descreve a idade da informação de contexto. Em geral, será especificado pela adição de um carimbo de tempo à informação de contexto. Assim, uma sincronização do relógio entre a fonte de contexto e o "dissipador" de contexto é necessária."

Ainda na Figura 29, pode-se observar na parte superior algumas definições equivalentes à do parâmetro *Up-to-dateness*, a saber parâmetros *Freshness* e *Timeliness*. Explorando estas definições, a Figura 30 mostra a propriedade 'descrição' e referência relacionada a estas duas definições equivalentes à definição do parâmetro *Up-to-dateness*.

Figura 30: Definições equivalentes ao Parâmetro Up-to-dateness



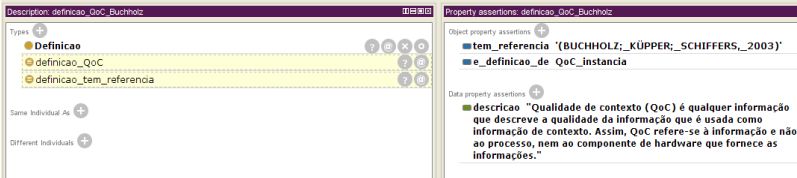
Cada instância criada na ontologia pode ser examinada, assim como suas relações e propriedades.

5.2.5 Ciclo 4 – Verificação do modelo

Neste ciclo foi realizada a verificação técnica da ontologia perante o *framework* de referência, onde é revisitado o propósito, o escopo e as questões de competência da ontologia, permitindo uma avaliação da consistência da ontologia frente aos requisitos levantados.

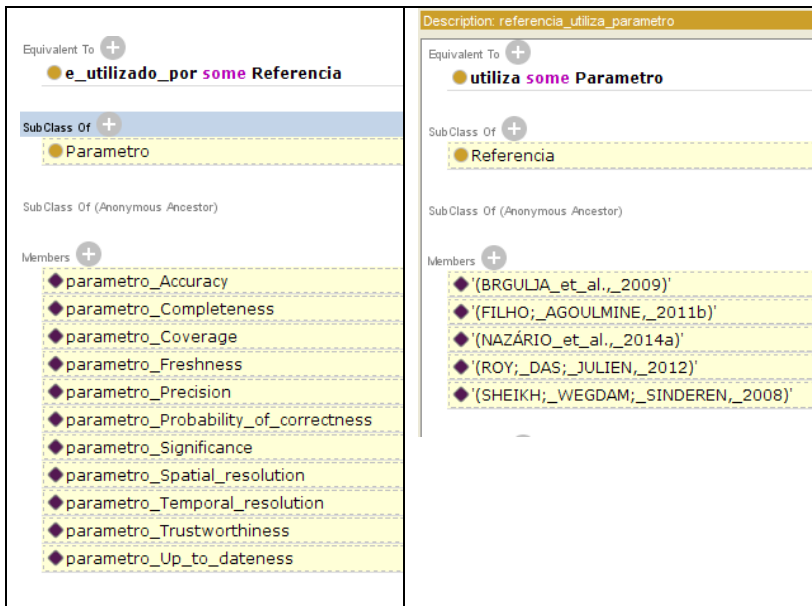
Todas as questões de competência consideradas nesta etapa puderam ser respondidas através de buscas na ontologia desenvolvida. Como exemplo, pode-se citar a questão inicial: “Qual a definição de QoC?”. Executando a query: ‘e_definicao_de some QoC’, pode-se visualizar as instâncias encontradas. Para cada instância, pode-se acessar suas propriedades e relações, como representado na Figura 31, para uma instância selecionada.

Figura 31: Instância de definição de QoC na ontologia proposta.



Outros exemplos de consultas são mostrados na Figura 32. A consulta da Figura 32 a) responde a questão: “Que parâmetros de QoC são utilizados com mais frequência?”. Com a query ‘e_utilizado_por some Referencia’ são listados os parâmetros utilizados em estudos de casos (práticos). Já na Figura 32 b), tem-se a relação inversa sendo explorada ‘utiliza some Parametro’. Sendo assim, são listadas as referências da literatura que utilizam determinado parâmetro de QoC em seus experimentos. Podemos perceber que das 64 instâncias de referências inseridas na ontologia, apenas 5 utilizam avaliação de parâmetros de QoC em experimentos. Muitas outras informações podem ser exploradas na ontologia com maior agilidade.

Figura 32a,b: Exemplos de consultas na ontologia de QoC



A resposta da questão de competência “Como são medidos (quantificados) os parâmetros de QoC?” está representada na Figura 33. Neste caso, são as próprias instâncias da classe Quantificação. Cada instância pode ser visualizada em detalhes, como mostra a Figura 34 a instância ‘quantificação_Nazario’.

Figura 33: Instâncias da Classe Quantificação

Annotations: Quantificacao

Annotations **+**

`comment` [language: pt]
 DEFINIÇÃO: Classe que representa as instâncias de métodos de quantificação de parâmetros de QoC.

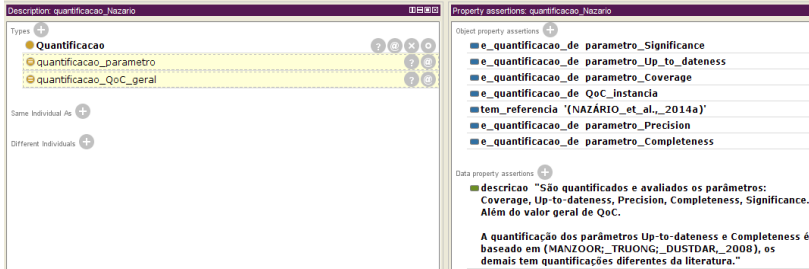
Description: Quantificacao

SubClass Of (Anonymous Ancestor)

Members **+**

- ◆ **quantificacao_Abid**
- ◆ **quantificacao_Becker**
- ◆ **quantificacao_Brgulja**
- ◆ **quantificacao_Filho**
- ◆ **quantificacao_Filho_QACBAC**
- ◆ **quantificacao_Giaffreda**
- ◆ **quantificacao_Grossmann**
- ◆ **quantificacao_Hossain**
- ◆ **quantificacao_Kim**
- ◆ **quantificacao_Klein**
- ◆ **quantificacao_Manzoor_2008**
- ◆ **quantificacao_Manzoor_2010**
- ◆ **quantificacao_Manzoor_confidence**
- ◆ **quantificacao_Nazario**
- ◆ **quantificacao_Neisse**
- ◆ **quantificacao_Sheikh**
- ◆ **quantificacao_Vanrompay**
- ◆ **quantificacao_Widya**
- ◆ **quantificacao_Yasar**
- ◆ **quantificacao_Zheng**
- ◆ **quantificacao_Zimmer**

Figura 34: Detalhe da instância ‘quantificação_Nazario’



Pode-se observar na Figura 34 na propriedade ‘descrição’ uma explicação sobre a quantificação proposta, já nas relações tem-se os links para os parâmetros que são quantificados (*Significance*, *Up-to-dateness*, *Coverage*, *Precision*, *Completeness*) pela referência ‘(NAZARIO et al., 2014a)’, além da proposta de uma quantificação geral de QoC.

A mesma referência ‘(NAZARIO et al., 2014a)’ aparece na Figura 28 do ‘parametro_Up-to-dateness’ na relação ‘e_utilizado_por’. Pois a proposta desta referência utiliza o parâmetro *Up-to-dateness* em seus experimentos. Da mesma forma aparece na Figura 32 b), onde lista as referências que utilizam algum parâmetro de QoC em seus experimentos.

Com as relações entre instâncias valoradas, diversas formas de consultas podem ser realizadas, de acordo com a necessidade do usuário. Tendo em vista que o *link* entre instâncias, relações e propriedades facilitam a obtenção de conhecimento, de forma simplificada.

5.3. CONSIDERAÇÕES

A abordagem ontologia vem se destacando como representação de conhecimento, especialmente quando se trata do tema contexto e QoC. Embora algumas ontologias de QoC já existam na literatura, estas são bastante superficiais, abordando com mais detalhes as questões de contexto e pouco a QoC.

Sendo assim, a partir desta lacuna encontrada na literatura, este capítulo apresentou a proposta de um modelo de conhecimento de QoC formalizado através da ontologia modelada. Neste sentido, este trabalho de pesquisa contribuiu com um Modelo de Conhecimento de QoC, melhorando assim a representação de conhecimento neste domínio para a comunicação entre pesquisadores e desenvolvedores de computação sensível ao contexto.

Foram modelados os principais aspectos identificados na taxonomia de QoC a partir de uma revisão detalhada da literatura, assim como a avaliação de QoC proposta em Nazário et al. (2014a), entre várias outras.

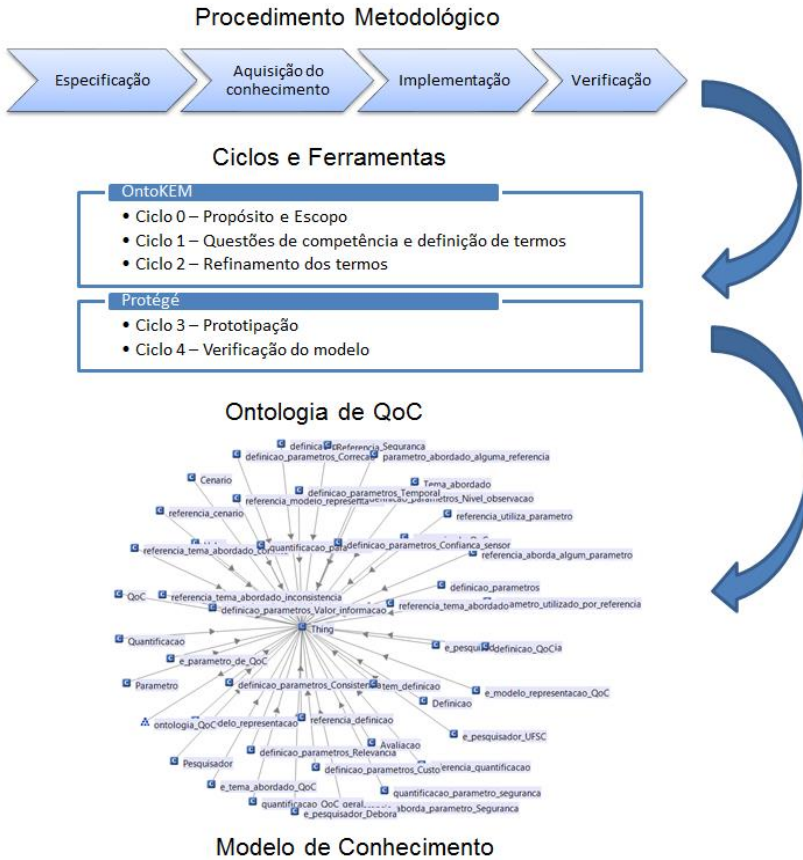
Os procedimentos metodológicos adotados são interessantes para o desenvolvimento de outras ontologias, independentemente de seu domínio. Assim como a utilização de ferramentas como o OntoKEM, que permite a geração de uma documentação detalhada e completa das etapas iniciais de desenvolvimento da ontologia automaticamente.

Já em ferramentas semelhantes ao Protégé, com a ontologia desenvolvida (OWL), os usuários podem visualizar a hierarquia e descrição das classes, relações entre classes e propriedades das classes da ontologia, todas as instâncias criadas com suas propriedades e relações, inclusive acessando os links das propriedades, relações entre instâncias e instâncias relacionadas. Alguns gráficos também podem ser gerados, facilitando a visualização. Outra funcionalidade muito relevante é a realização de buscas na ontologia, de acordo com a necessidade do usuário. Diversas pesquisas relacionadas as questões de competência já estão prontas na ontologia.

Mas além do modelo responder uma lista de perguntas mais relevantes que foram elaboradas, muitas outras buscas podem ser realizadas na ontologia, facilitando o entendimento e acesso aos conceitos relacionados. A estruturação, organização e integração deste conhecimento certamente facilitará o compartilhamento e reutilização do modelo proposto.

A Figura 35 ilustra o processo de desenvolvimento do modelo de conhecimento proposto, partindo do procedimento metodológico adotado, os ciclos desenvolvidos, assim como as respectivas ferramentas utilizadas, finalizando com a ontologia de QoC disponibilizada.

Figura 35: Desenvolvimento do Modelo de Conhecimento



6. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE CONTEXTO APLICADA A UM AMBIENTE ASSISTIDO - CUIDA

A partir de todo o estudo realizado com relação ao tema qualidade de contexto, referente ao levantamento bibliográfico e desenvolvimento do modelo de conhecimento de QoC, na continuidade desta pesquisa, optou-se em gerar uma contribuição para a área, avançando um pouco com relação às pesquisas já realizadas.

Neste sentido, propõe-se neste capítulo uma avaliação de QoC, aplicada a um ambiente AAL, denominado **CUIDA - Contexto Ubíquo Interno em Domicílios Assistidos**.

O objetivo é demonstrar o uso da avaliação de QoC proposta em um cenário AAL, avaliando alguns parâmetros. A verificação de consistência desta abordagem, através da pesquisa de levantamento, ocorreu inicialmente com a prova de conceito, através de uma simulação. E em seguida com um estudo experimental para certificação dos resultados obtidos através de um cenário real com sensores e-Health. A prova de conceito e o estudo experimental utilizaram sensores biomédicos como pressão arterial, pulso, temperatura corporal, com ênfase no monitoramento da saúde do usuário.

Este capítulo descreve a arquitetura de gerenciamento de contexto proposta para avaliação de QoC, o cenário escolhido, a prova de conceito através da avaliação de QoC com simulador de contexto, os resultados iniciais obtidos, o estudo experimental com a plataforma de sensores e-Health com novos resultados e as considerações sobre o capítulo.

6.1 ARQUITETURA DE GERENCIAMENTO DE CONTEXTO

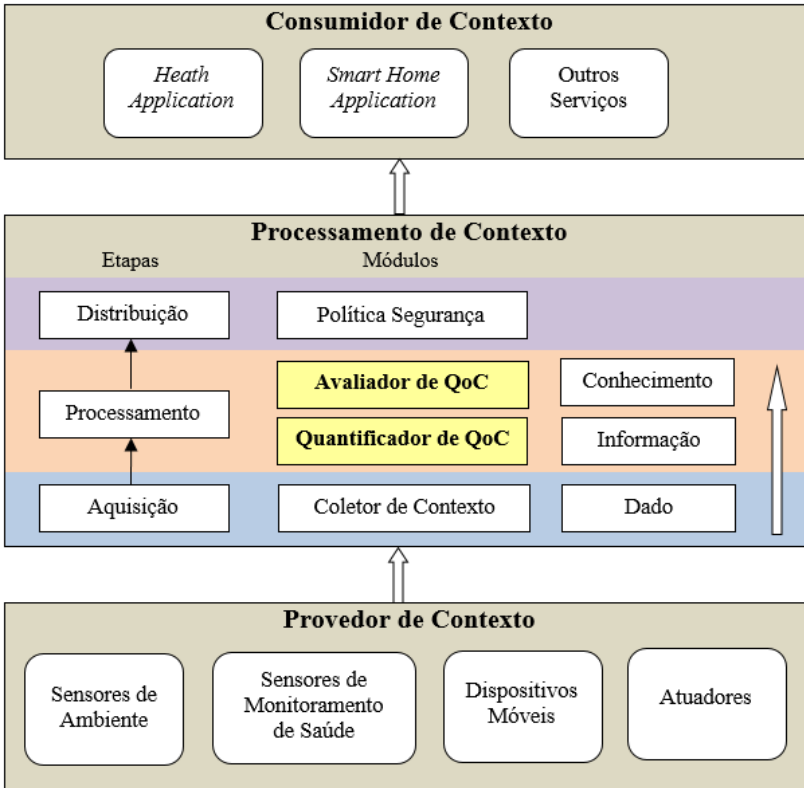
Nesta seção, é proposta uma arquitetura de gerenciamento de contexto, que permite a avaliação de QoC durante a etapa de processamento de contexto. A QoC poderá ser utilizada para um melhor gerenciamento de contexto, auxiliando na tomada de decisão pelas aplicações. A Figura 36 apresenta sua arquitetura.

Na camada inferior têm-se os provedores de contexto, que podem ser: sensores em ambientes como temperatura, luminosidade; sensores de monitoramento de saúde como batimentos cardíacos, pressão arterial; sensores em dispositivos móveis como localização, tempo, preferências; ou atuadores, que podem ser utilizados na automação de ambientes inteligentes.

A camada central é a de processamento de contexto, onde ocorrem as etapas de aquisição dos dados de contexto, o processamento e

distribuição destas informações. Para a realização das etapas citadas serão utilizados alguns módulos:

Figura 36: Arquitetura Proposta



1. Coletor de Contexto: Obtém os dados de contexto dos sensores;
2. Quantificador de QoC: Efetua a quantificação (cálculos) dos parâmetros de QoC e valor geral de QoC;
3. Avaliador de QoC: Faz a verificação da QoC associado às informações de contexto;
4. Política de Segurança: Verifica as políticas de segurança adotadas, para a distribuição do conhecimento de contexto e QoC para os consumidores de contexto.

Vale ressaltar que nesta camada ocorre a avaliação da QoC, foco deste trabalho, nos módulos destacados na Figura 36: Quantificador de QoC e Avaliador de QoC. Ainda nesta camada tem-se a transformação de dados em Informação e em seguida em Conhecimento. O coletor de contexto, obtém os dados (valores que de forma isolada não possuem significado). O Quantificador de QoC através dos cálculos necessários, faz relacionamentos com o contexto envolvido, assim tem-se informação. Já o Avaliador, avalia a QoC através de regras determinadas, sendo assim, este módulo trata conhecimento de contexto.

Por fim, na camada superior estão os consumidores de conhecimento de contexto e QoC, como aplicações de saúde, casa ou ambiente inteligente, além de outros tipos de serviços onde o contexto será considerado.

O modelo de conhecimento desenvolvido apoiou o processo de elaboração da arquitetura de gerenciamento de contexto, principalmente no entendimento dos conceitos relacionados à QoC, parâmetros existentes, possíveis formas de quantificações, aplicação em determinados cenários, além de permitir a exploração das principais referências da literatura, de acordo com os assuntos de interesse.

Desta forma, foi possível definir o cenário que seria utilizado no ambiente protótipo, selecionar os sensores de monitoramento de saúde, delimitar quais parâmetros seriam utilizados e como se daria a quantificação dos mesmos, além da forma de avaliação da QoC, ou seja, que tipos de problemas seriam buscados nos resultados obtidos. Cada um destes itens é descrito nas seções seguintes.

Dentre os possíveis cenários para aplicação do modelo tem-se: lazer, turismo, trânsito, indústria, comércio, saúde, entretenimento, ambiente inteligente, desastre, entre outros.

Como o modelo deve atuar na camada de processamento de contexto, entende-se que este poderia ser aplicado a qualquer tipo de cenário citado anteriormente. Para efeito de verificação da proposta, optou-se por escolher um cenário *Ambient Assisted Living* (AAL), descrito a seguir.

6.2 CENÁRIO

Assisted Living (vida assistida) é o termo dado para a prestação de cuidados a pessoas em suas próprias casas ou em centros de acolhimento, apoiada pela tecnologia. Esta prestação de cuidados apoiada pelas tecnologias está crescendo por causa da demanda e também devido ao

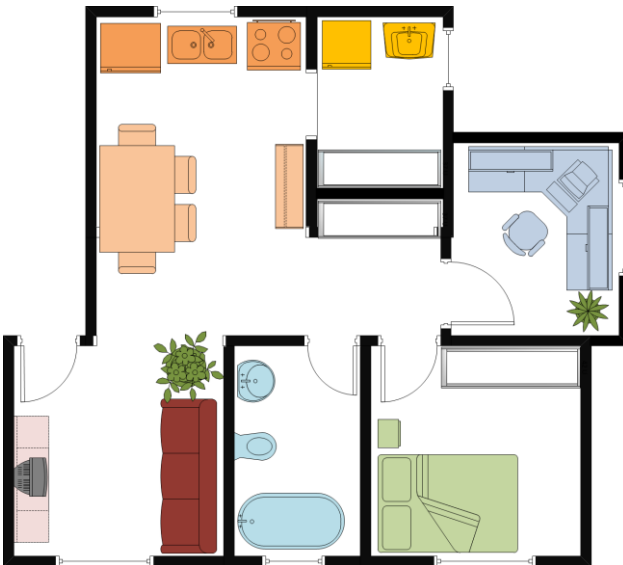
amadurecimento de muitas das tecnologias que tornam a vida assistida possível, segundo (MCNAULL et al., 2012).

A aplicação do conceito de *Ambient Assisted Living* tem os seguintes objetivos (AALJP, 2015):

- Estender o tempo em que as pessoas podem viver em seu ambiente preferido, aumentando a sua autonomia, autoconfiança e mobilidade;
- Apoiar a manutenção da saúde e capacidade funcional dos idosos;
- Promover um estilo de vida melhor e mais saudável para as pessoas em situação de risco;
- Melhorar a segurança, para evitar o isolamento social e apoiar a manutenção da rede multifuncional em torno do indivíduo;
- Apoiar os cuidadores, familiares e organizações de assistência;
- Aumentar a eficiência e produtividade dos recursos utilizados nas sociedades envelhecidas.

Sendo assim, o Cenário AAL considerado na prova de conceito e no estudo experimental é uma moradia composta por cozinha, lavanderia, sala de TV, banheiro, quarto e ateliê/escritório, como ilustrado na Figura 37.

Figura 37: Cenário AAL



Podemos supor que nesta moradia vive uma pessoa idosa que diariamente toma alguns medicamentos para controle de sua saúde. Algumas de suas atividades diárias são: Acordar por volta das oito horas; Tomar café da manhã; Fazer algum exercício físico, ex. caminhada; Tomar medicamentos; Fazer o monitoramento da saúde (pressão, batimentos cardíacos, temperatura); Almoçar em casa ou em um restaurante próximo; Realizar algumas atividades domésticas e/ou manuais (artesanato por exemplo); Ler; Cozinhar/Jantar; Assistir TV; Utilizar o banheiro; Dormir.

6.3 PROVA DE CONCEITO: AVALIAÇÃO DE QOC COM SIMULADOR DE CONTEXTO

O teste, avaliação ou validação de uma pesquisa envolve custos com pessoas, tempo e equipamentos. Sendo assim, a simulação pode ser o primeiro passo para verificar a consistência da proposta.

Nesta etapa da pesquisa utilizou-se o simulador de contexto Siafu (NEC, 2007) para simular tanto o provedor de contexto, como o processamento de contexto. Este simulador foi escolhido por permitir a criação de novos cenários, a obtenção das informações de contexto de acordo com a necessidade e possibilitar a inclusão da quantificação da QoC na simulação. Devido às suas características alguns trabalhos pesquisados que tratam QoC também utilizam este simulador como (BRGULJA et al., 2009), (CHABRIDON; ABID; TACONET, 2011), (XU; MA; CAO, 2012). Outros simuladores e emuladores para cenários ubíquos são comentados em (KNAPPEMEYER et al., 2013).

6.3.1 Simulador de Contexto

O simulador Siafu foi desenvolvido no NEC *European Research Lab*, na linguagem Java (NEC, 2007). O objetivo deste simulador é gerar as informações de contexto em determinado cenário. Alguns cenários já desenvolvidos são disponibilizados para simulações como: algumas cidades, uma universidade e um escritório. Além da visualização gráfica da simulação e das informações de contexto, a saída de dados se dá através de *listener* ou arquivo CSV.

A ferramenta possibilita o desenvolvimento de novos cenários, envolvendo três passos. O primeiro passo é a definição do ambiente, que envolve a criação do mapa do cenário (gráfico), a definição das áreas de circulação dos agentes (na cor preta, em branco são os obstáculos), a

criação de variáveis de contexto e a identificação de localizações no mapa, gerando assim, múltiplas camadas com diferentes informações.

O segundo passo é a programação do comportamento que é feita programando-se três classes: *BaseWorldModel* – comportamento do ambiente, *BaseContextModel* – dados de contexto e *BaseAgentModel* – comportamento de cada agente. e o terceiro passo é o empacotamento dos dados (MARTIN; NURMI, 2006).

Após estes passos a simulação pode ser executada no aplicativo Siafu, possibilitando a visualização em tempo real dos agentes, é possível alterar o comportamento dos agentes em tempo de execução e alterar o tempo de execução.

6.3.2 Provedor de Contexto

Um cenário gráfico foi criado na ferramenta Siafu, representando um cenário CUIDA – AAL, com um ator representando o morador ou paciente. Os sensores simulados são os relacionados com o monitoramento da saúde do morador: pressão arterial, batimentos cardíacos e temperatura corporal, correspondendo à camada inferior da arquitetura: provedor de contexto.

6.3.3 Processamento de Contexto

A primeira etapa de processamento de contexto é a aquisição de dados. Os dados dos sensores são obtidos através do **coletor de contexto** implementado na simulação. Para esta prova de conceito foram realizadas três simulações no dia 24/05/2013, com os dados dos sensores sendo gerados a cada segundo. No total foram armazenados cerca de 36.000 registros.

Na sequência do processo tem-se a quantificação da QoC através do módulo **quantificador de QoC** proposto, descrito a seguir.

6.3.4 Quantificador de QoC

Com o apoio da ontologia de QoC desenvolvida, foi elaborado um estudo aprofundado dos parâmetros de QoC existentes, suas definições, quantificações propostas, além da sua utilização por alguns autores. Foram exploradas principalmente as instâncias das classes da ontologia de QoC: Parâmetro, Definição, Quantificação e Referência.

Após este estudo, optou-se por utilizar na quantificação da QoC os seguintes parâmetros: *Up-to-dateness*, *Coverage*, *Precision*,

Completeness, Significance. Estes valores serão quantificados e devem ter valores entre 0 e 1, seguindo a forma de utilização proposta pela maioria dos autores.

Up-to-dateness (U):

A quantificação deste parâmetro está baseada em Manzoor, Truong e Dustdar (2008), onde:

$$\begin{aligned} & \textit{idade} = \textit{tempo da informação} - \textit{tempo atual} \\ U &= 1 - \frac{\textit{idade}}{\textit{tempo_de_vida}}, \textit{se idade} < \textit{tempo_de_vida} \\ U &= 0, \textit{demais casos} \end{aligned}$$

A variável *tempo_de_vida* é definida com um valor em que a informação se torna “velha”, obsoleta, por exemplo:

$$\textit{tempo_de_vida} = 10;$$

Exemplos, aplicando a fórmula:

$$\textit{idade} = 0 \rightarrow U = 1;$$

$$\textit{idade} = 5 \rightarrow U = 0.5;$$

$$\textit{idade} = 10 \rightarrow U = 0;$$

O parâmetro *Up-to-dateness* é calculado para cada informação de contexto (sensor), assim na implementação tem-se: U(temperatura), U(pulso), U(pressão).

Coverage (C):

De acordo com a definição de Dey (2001), será identificada a faixa de valores para cada sensor (*limite_superior*, *limite_inferior*) e será testada, da seguinte forma:

$$\begin{aligned} C &= 1, \textit{se valor está na faixa válida} \\ C &= 0, \textit{demais casos} \end{aligned}$$

O parâmetro *Coverage* é calculado para cada informação de contexto (sensor): C(temperatura), C(pulso), C(pressão).

Exemplos:

Temperatura é considerada válida entre 34 e 40.

$$\textit{Temperatura} = 38 \rightarrow C(\textit{temperatura}) = 1;$$

$$\textit{Temperatura} = 20 \rightarrow C(\textit{temperatura}) = 0;$$

Pulso (batimentos cardíacos), valores entre 50 e 120.

Pulso = 100 → C(pulso) = 1;

Pulso = 0 → C(pulso) = 0;

Pressão:

- Diastólica: valores entre 50 e 150;

- Sistólica: valores entre 100 e 200;

Se (diastólica E sistólica válidos) → C(pressão) = 1;

Se (diastólica OU sistólica válido) → C(pressão) = 0.5;

Se (diastólica E sistólica inválidos) → C(pressão) = 0;

Estas faixas de valores podem ser reavaliadas, se necessário. Estes são os valores iniciais utilizados para a simulação.

Precision (P):

É a diferença entre o valor real e o valor medido pelo sensor, dividido pelo valor real, os dois valores (real e medido) estão na simulação. Como representado a seguir:

$$P = 1 - \frac{|valor_real - valor_medido|}{valor_real}$$

Exemplo:

Pulso real = 90; Pulso medido = 93; $P = 1 - 3/90 = 0.96$.

Cada informação de contexto (sensor) terá o seu valor do parâmetro *precision*, como: P(temperatura), P(pulso), P(pressão), neste caso será a mesma precisão para diastólica e sistólica.

Completeness (Cm):

De acordo com Manzoor, Truong e Dustdar (2008), esta medida de qualidade indica a quantidade de informação provida por um objeto de contexto. É a relação entre o número de atributos disponíveis e o total de atributos de um objeto de contexto, neste caso um sensor. O cálculo leva em consideração os atributos disponíveis e o peso de cada um dos atributos e está representado a seguir:

$$Cm = \frac{\sum(\text{peso atributo_disponivel})}{\sum(\text{peso todos_atributos})}$$

Considerando que os atributos de contexto (informações de um sensor), podem ter pesos diferentes, o parâmetro *completeness* é a soma dos pesos dos atributos disponíveis dividido pela soma dos pesos de todos os atributos do sensor.

Neste estudo de caso, os sensores de temperatura e pulso tem apenas um atributo, logo:

Se o valor temperatura está disponível $\rightarrow C_m(\text{temperatura}) = 1$;

Senão $\rightarrow C_m(\text{temperatura}) = 0$;

Se o valor pulso está disponível $\rightarrow C_m(\text{pulso}) = 1$;

Senão $\rightarrow C_m(\text{pulso}) = 0$;

Já o sensor que mede a pressão, tem dois atributos: valor da pressão diastólica e sistólica, que neste estudo terão o mesmo peso, logo:

$C_m(\text{pressão})$:

Se (diastólica E sistólica disponíveis) $\rightarrow C_m(\text{pressão}) = 1$;

Se (diastólica OU sistólica disponíveis) $\rightarrow C_m(\text{pressão}) = 0.5$;

Se (diastólica E sistólica indisponíveis) $\rightarrow C_m(\text{pressão}) = 0$;

Na literatura não está bem claro o que é um atributo disponível. Neste estudo considerou-se que um atributo está disponível se existe um valor medido dentro do tempo de vida estipulado no cálculo do parâmetro *Up-to-dateness*.

Significance (S):

Este parâmetro de QoC foi proposto por Manzoor, Truong e Dustdar (2008) e está relacionado à importância da informação de contexto, principalmente em situações de emergências, saúde, etc. Para o cálculo de S, leva-se em consideração o valor crítico (VC) e o valor crítico máximo (VCmax):

$$S = \frac{VC}{VC_{max}}$$

Entende-se que, desta forma, as informações com maior significância terão valor de S=1, diminuindo para os demais.

Abordagem proposta para o uso do parâmetro *Significance*

Como este estudo de caso trata de monitoramento de saúde, propõe-se o uso do parâmetro *significance* para alertar situações que exijam mais atenção.

O parâmetro *Coverage* indica se o valor está na faixa válida. Mas os valores podem ser críticos. Ex. Se a temperatura é de 39, o paciente está com febre. Da mesma forma para valores inesperados de pressão e pulso.

Sendo assim, a implementação indica:

S=1 quando os valores são válidos, mas não esperados;

S=0 para demais valores, dentro do considerado normal;

Se (Temperatura < 35) OU (temperatura > 37,5) → S=1

Senão → S=0;

Se (pulso < 60) OU (pulso > 100) → S=1

Senão → S=0;

Se (diastólica > 90) OU (sistólica > 140) → S =1

Senão → S=0;

Assim como no parâmetro *Coverage*, estes valores definidos como “fora do normal” ou não esperado podem ser reavaliados.

Valor Geral de QoC

Segundo Yasar et al. (2011) um valor geral de qualidade pode ser calculado, levando em conta os parâmetros de QoC e um determinado peso para cada parâmetro. Esses pesos precisam ser definidos e este valor é calculado para cada sensor ou fonte de contexto. Considerando os parâmetros avaliados neste estudo, tem-se:

$$QoC = \frac{U * PU + C * PC + P * PP + Cm * PCm + S * PS}{PU + PC + PP + PCm + PS}$$

Para ilustração, considerando pesos iguais, tem-se:

$$QoC = \frac{U + C + P + Cm + S}{5}$$

Observa-se que nesta abordagem proposta por Yasar et al. (2011), o fato da informação ser menos significante (prioritária), faz o valor de QoC do sensor diminuir. Inclusive este autor, utiliza o parâmetro *priority*, similar a *significance*.

Exemplo:

Idade = 0 → U(temperatura) = 1;

Temperatura = 36 → C(temperatura) = 1;

P(temperatura) = 0.95;

Cm(temperatura) = 1;

S(temperatura) = 0;

QoC(temperatura) = (1+1+0.95+1+0)/5 = 0.79

Cálculo de QoC proposto:

Neste estudo de caso, foi realizado o cálculo de QoC para cada sensor considerando os parâmetros: *Up-to-dateness* (U), *Coverage* (C), *Precision*(P) e *Completeness* (Cm), com pesos iguais (o que pode ser revisto):

$$QoC = \frac{U + C + P + Cm}{4}$$

Sendo assim, para o exemplo anterior, teríamos:

QoC(temperatura) = 0.98;

Como informação de QoC adicional é disponibilizado o parâmetro *Significance* (S), se o valor for 1, dar prioridade em avaliar as informações, e quando for 0 pode-se dizer que não é preocupante, mas não diminui o valor da QoC. Serve apenas para alertar determinadas situações, quando necessário. Este é um ponto em que a abordagem deste estudo difere da abordagem de (YASAR et al., 2011).

6.3.5 Avaliador de QoC e Resultados Iniciais

Para a definição deste módulo, o modelo de conhecimento desenvolvido também forneceu apoio através de conceitos e relações pertinentes à avaliação de QoC. Foram exploradas principalmente as instâncias das classes da ontologia de QoC: Avaliação, Parâmetro, Quantificação e Referência.

O valor geral de QoC quantificado deve indicar se a qualidade das informações obtidas é adequada, neste caso o contexto é utilizado provendo uma adaptação mais precisa.

Quando um problema de qualidade é detectado, ou seja, o valor de QoC não está adequado, espera-se que o conjunto de parâmetros utilizado possibilite uma análise para a identificação do problema ocorrido. Por exemplo:

- Se os valores estão fora da faixa esperada (parâmetro *Coverage*) e/ou não estão precisos (parâmetro *Precision*), possivelmente existe algum problema no sensor;
- Sensores com valores / QoC diferentes, indica a existência de inconsistências que precisam ser tratadas;
- Informações não disponíveis (parâmetro *Completeness*) ou desatualizadas (*Up-to-dateness*) pode indicar problema na rede de comunicação;
- O parâmetro *Significance* pode ajudar a despertar alertas em situações de risco ao usuário, quando as informações do monitoramento de saúde estão com valores que podem indicar um problema de saúde;

Como resultados iniciais do quantificador de QoC implementado, tem-se a visualização gráfica da simulação com as informações de contexto e QoC em tempo real mostradas na tela, como ilustrado na Figura 38.

Figura 38: Informações de Contexto e QoC na Simulação

The screenshot shows a software interface with a top navigation bar containing icons for 'Agents', 'Places', and 'Overlays'. Below this, a search bar contains the name 'Maria'. The main content area displays the following information for the agent 'Maria':

- Position:** N 22 18.705 W 14 15.655
- Destination:** none
- Activity:** **Walkina**
- Pressao:**
 - Pressao Diastolica - R: 85 L: 97,88 P: 0,93 Id: 40
 - > QoC: U: 0,60, C: 1,00, P: 0,93, Cm: 1,00, S: 1 QoC: 0,88
 - Pressao Sistolica - R: 155 L: 145,43 P: 0,93 Id: 40
 - > QoC: U: 0.60. C: 1.00. P: 0.93. Cm: 1.00. S: 1 QoC: 0.88
- Pulso:**
 - Pulso - R: 128 L: 97,31 P: 0,91 Id: 5
 - > QoC: U: 0.95. C: 1.00. P: 0.91. Cm: 1.00. S: 1 QoC: 0.96
- Temperatura:**
 - Temperatura - R: 37,1 L: 34,12 P: 0,91 Id: 5
 - > QoC: U: 0.67. C: 1.00. P: 0.91. Cm: 1.00. S: 1 QoC: 0.90

Para cada informação de contexto: Pressão Diastólica, Pressão Sistólica, Pulso e Temperatura, tem-se os valores real (R), lido (L), precisão calculada (P) e idade (Id). Em seguida as informações de QoC, *Up-to-dateness* (U), *Coverage* (C), *Precision* (P), *Completeness* (Cm), *Significance* (S) e o valor geral de QoC (QoC).

Além desta visualização gráfica, tem-se o histórico das informações gravado em arquivo a cada instante de tempo, como ilustrado na Tabela 2, para o tempo (T). Na coluna TP tem-se temperatura (T), Pressão Diastólica (PD), Pressão Sistólica (PS) e Pulso (P). A coluna UL é o Último valor Lido e as demais colunas seguem a mesma nomenclatura da Figura 38.

Tabela 2: Dados de saída da Simulação

T	TP	R	L	UL	U	C	P	Cm	S	QoC
56	T	37.5	-	34.5	0	1	0.93	0	1	0.48
57	T	37.6	36.6	36.6	1	1	0.97	1	0	0.99
101	T	38.7	37.9	37,9	1	1	0.98	1	1	0.99
105	P	120	104	104	1	1	0.87	1	0	0.97
138	PD	90	86	86	1	1	0.95	1	0	0.99
138	PS	136	129	129	1	1	0.95	1	0	0.99
150	PD	76	48	48	1	0	0.63	1	0	0.66
150	PS	114	72	72	1	0	0.63	1	0	0.66

Várias análises podem ser realizadas pelo **módulo Avaliador de QoC** com os dados de saída da simulação. Na Tabela 2 pode-se verificar algumas situações. A primeira linha mostra que no tempo 56 a temperatura está com baixa QoC, percebe-se uma diferença grande entre a última leitura e o valor real e que a informação está desatualizada. Já no instante seguinte 57, mostra uma boa QoC, a leitura foi atualizada, os valores estão válidos e precisos, o S igual a zero, indica que os valores estão dentro do esperado. No instante 101 houve a mudança de S para 1, indicando que a temperatura está acima do esperado, a QoC continua adequada, é uma situação que merece atenção. O instante 105 ilustra a leitura do Pulso, com boa QoC. Nos tempos seguintes têm-se leituras da pressão. No instante 138, a QoC está adequada, assim como os demais parâmetros, com S igual a zero, indicando que os valores estão de acordo com o esperado. Já no instante 150, o valor da QoC está baixo, como a precisão também está baixa e o valor de C é igual a zero (fora da faixa de valor esperado), os valores indicam um possível problema no medidor de pressão.

Vale lembrar que vários valores descritos na avaliação da QoC podem ser configurados como: tempo de vida das informações (em U), limites superior e inferior (em C), os pesos dos atributos em (Cm), os limites críticos (em S), os pesos dos parâmetros no cálculo de QoC.

Como síntese, pode-se dizer que estas informações de QoC do sensor representam o quanto a informação fornecida é:

- Atual, através do *Up-to-dateness* (U);
- Válida, *Coverage* (C);
- Precisa, *Precision* (P);
- Completa, *Completeness* (Cm);
- Significante, *Significance* (S);
- Além de seu valor geral de QoC, que utiliza U, C, P e Cm.

6.3.6 Política de Segurança

Após a avaliação de QoC da etapa de processamento, tem-se a verificação das políticas de segurança adotadas para dar continuidade a etapa de distribuição de contexto e QoC aos consumidores de contexto. O estudo mais aprofundado deste módulo ficará para trabalhos futuros, não sendo abordado nesta pesquisa.

6.4 ESTUDO EXPERIMENTAL COM A PLATAFORMA E-HEALTH

Após a realização da prova de conceito descrita, com o simulador Siafu, a pesquisa prosseguiu com um estudo experimental que utilizou a plataforma de sensores e-Health. A aplicação utilizou um cenário CUIDA – AAL real, sendo a própria casa dos participantes.

6.4.1 Plataforma de Sensores e-Health

Esta plataforma de sensores biomédicos permite que os usuários do Arduino e Raspberry Pi possam executar aplicações biométricas e médicas onde o monitoramento é necessário por meio de 10 sensores diferentes, conforme mostrado na Figura 38: pulso, oxigênio no sangue (SPO2), fluxo de ar (respiração), temperatura corporal, eletrocardiograma (ECG), glicosímetro, *galvanic skin response* (GSR - sudorese), pressão arterial (esfigmomanômetro), posição do paciente (acelerômetro) e músculo / sensor de eletromiografia (EMG) (COOKING-HACKS, 2014). O equipamento utilizado no experimento realizado é o mesmo representado na Figura 39.

Figura 39: Plataforma de Sensores e-Health



Estas informações podem ser utilizadas para monitorizar, em tempo real o estado de um paciente ou para obter dados sensíveis, para ser analisado posteriormente em um diagnóstico médico. Se o diagnóstico de imagem em tempo real é necessário, uma câmera pode ser conectada ao módulo 3G, a fim de enviar fotos e vídeos do paciente para um centro de diagnóstico médico.

Os dados podem ser enviados para a nuvem (*Cloud*), a fim de executar o armazenamento permanente ou podem ser visualizados em tempo real, enviando os dados diretamente para um computador ou dispositivo portátil.

A plataforma e-Health foi concebido por *Cooking Hacks* (divisão de *hardware* aberto de Libelium), a fim de ajudar os pesquisadores, desenvolvedores e artistas a medir dados de sensores biométricos para fins de experimentação e testes. A plataforma é compatível com *Raspberry* e novas e antigas versões USB do Arduino, Duemilanove e Mega. Neste experimento foi Utilizado o Arduino Uno Rev.3.

6.4.2 Provedor de Contexto

Inicialmente, o experimento utilizou os sensores: de pulso e de oxigênio no sangue, temperatura corporal, pressão arterial e posição do paciente. Esses sensores podem ser visualizados na Figura 40 e serão descritos a seguir.

Figura 40: Provedor de Contexto



Pulso e Oxigênio no sangue (1)

A oximetria de pulso é um método não invasivo de indicação da saturação de oxigênio arterial da hemoglobina funcional. Um sensor de oxímetro de pulso é útil em qualquer ambiente onde a oxigenação do paciente é instável, incluindo cuidados intensivos, operação, recuperação, situações de emergência, os pilotos em aeronaves despressurizadas, para a avaliação da oxigenação de qualquer paciente, e determinar a eficácia ou necessidade de oxigênio suplementar.

Valores aceitáveis para os pacientes normais são entre 95 a 99 por cento, pacientes com problemas de uma unidade hipóxica seria de esperar valores entre 88 a 94 por cento, valores de 100 por cento pode indicar o envenenamento por monóxido de carbono (COOKING-HACKS, 2014).

Com relação à leitura de pulso, serão considerados os valores para pulsação: Adultos – 60 a 100 bpm; Crianças – 80 a 120 bpm; Bebês – 100 a 160 bpm.

Temperatura corporal (2)

É de grande importância médica medir a temperatura do corpo. A razão é que várias doenças são acompanhadas por alterações características da temperatura do corpo. Do mesmo modo, o curso destas doenças pode ser monitorado medindo a temperatura do corpo, e a eficiência de um tratamento iniciado pode ser avaliado pelo médico.

A temperatura corporal média comumente aceita (tomadas internamente) é de 37,0 °C (98,6 °F). Em adultos saudáveis, a temperatura do corpo flutua cerca de 0,5 °C (0,9 °F) durante todo o dia, com temperaturas mais baixas pela manhã e temperaturas mais elevadas no final da tarde e à noite, conforme as necessidades e as atividades do organismo mudar. Uma tabela mais completa relacionada a temperatura corporal é apresentada a seguir na Tabela 3 (COOKING-HACKS, 2014).

Tabela 3: Temperatura Corporal

Hipotermia	<35.0 °C (95.0 °F)
Normal	36.5–37.5 °C (97.7–99.5 °F)
Febre ou Hipertermia	>37.5–38.3 °C (99.5–100.9 °F)
Hiperpirexia	>40.0–41.5 °C (104–106.7 °F)

Calibragem do Sensor de Temperatura Corporal

Segundo o fabricante, a precisão deste sensor de temperatura corporal é suficiente na maioria das aplicações. Mas é possível melhorar esta precisão por um processo de calibragem. O sensor de temperatura mede uma tensão e relaciona isso ao que a temperatura de funcionamento do sensor deve ser. Evitando erros nas medições de tensão, a relação entre tensão e temperatura será mais precisa, ou seja, melhores leituras de temperatura serão obtidas.

A calibragem é um processo de medição de valores reais de tensão e resistência. No arquivo *eHealth.cpp* (biblioteca da plataforma) podemos encontrar a função *getTemperature*. Os valores [Rc, Ra, Rb, RefTension] são imprecisamente definidos por padrão. Detalhes das medições são encontrados no tutorial da plataforma (COOKING-HACKS, 2014). A Figura 41 destaca os valores medidos e ajustados no código fonte utilizado na leitura do sensor.

Figura 41: Calibragem do Sensor de Temperatura

```

eHealth.cpp
190  /// Param : void *
191  /// Returns: float with the corporal temperature value. *
192  /// Example: float temperature = eHealth.getTemperature(); *
193  ///*****
194
195  float eHealthClass::getTemperature(void)
196  {
197      //Local variables
198      float Temperature; //Corporal Temperature
199      float Resistance; //Resistance of sensor.
200      float ganancia=5.0;
201      float Vcc=3.3;
202      //float RefTension=3.0; // Voltage Reference of Wheatstone bridge.
203      //float Ra=4700.0; //Wheatstone bridge resistance.
204      //float Rc=4700.0; //Wheatstone bridge resistance.
205      //float Rb=821.0; //Wheatstone bridge resistance.
206      float RefTension=2.5; // Voltage Reference of Wheatstone bridge.
207      float Ra=4630.0; //Wheatstone bridge resistance.
208      float Rc=4700.0; //Wheatstone bridge resistance.
209      float Rb=813.0; //Wheatstone bridge resistance.
210
211      int sensorValue = analogRead(A3);
212
213      float voltage2=((float)sensorValue*Vcc)/1023; // binary to voltage conversion
214

```

Pressão Arterial (3)

A pressão arterial é a pressão do sangue nas artérias que é bombeado em torno do corpo pelo coração. Quando o coração bate, ele se contrai e empurra o sangue através das artérias para o resto do corpo. Esta força cria pressão sobre as artérias. A pressão arterial é registrada como dois números, a pressão sistólica (quando o coração bate) e a pressão diastólica (quando o coração relaxa entre os batimentos).

Monitorar a pressão arterial em casa é importante para muitas pessoas, especialmente para as que tem pressão arterial elevada. A pressão arterial não permanece a mesma o tempo todo, ela muda para atender às necessidades do corpo. Ela é afetada por vários fatores, incluindo a posição do corpo, respiração ou estado emocional, exercício e sono. É melhor medir a pressão arterial quando a pessoa está relaxada e sentada ou deitada.

A pressão arterial elevada (hipertensão) pode levar a problemas graves, como ataque cardíaco, acidente vascular cerebral ou doença renal. A pressão arterial elevada, geralmente não têm quaisquer sintomas, por isso é importante ter a pressão arterial verificada regularmente. A classificação da pressão arterial para adultos (18 anos ou mais) está representada na Tabela 4 (COOKING-HACKS, 2014):

Tabela 4: Pressão Arterial

	Sistólica (mm Hg)	Diastólica (mm Hg)
Hipotensão	< 90	< 60
Desejado	90–119	60–79
Pré Hipertensão	120–139	80–89
Estágio 1 Hipertensão	140–159	90–99
Estágio 2 Hipertensão	160–179	100–109
Crise Hipertensiva	≥ 180	≥ 110

Fonte: (COOKING-HACKS, 2014)

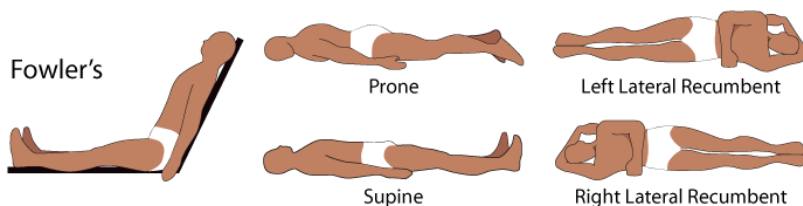
Posição do Paciente (4)

O sensor de posição do paciente (acelerômetro) monitora cinco posições diferentes de pacientes (em pé ou sentado, supina – deitado de face para cima, prona – deitado de face para baixo, esquerda e direita).

Em muitos casos, é necessário monitorar as posições do corpo e movimentos feitos por causa de suas relações com doenças específicas, como apneia do sono e síndrome das pernas inquietas. Analisar os movimentos durante o sono também ajuda a determinar a qualidade do sono e os padrões de sono irregulares. O sensor de posição do corpo pode ajudar também a detectar desmaios ou quedas de idosos ou pessoas com deficiência.

O sensor de posição do corpo usa um acelerômetro de eixo triplo para obter a posição do paciente. A Figura 42 ilustra estas posições.

Figura 42: Posições do corpo do paciente



Fonte: (COOKING-HACKS, 2014)

A leitura da posição do paciente é feita da seguinte forma:

1 == posição supina;

2 == decúbito lateral esquerdo;

- 3 == decúbito lateral direito;
- 4 == posição prona;
- 5 == em pé ou sentado.

6.4.3 Processamento de Contexto

Neste primeiro estudo experimental realizado, participaram voluntariamente três usuários. Os dados dos sensores da plataforma e-Health foram coletados entre os dias 26 e 30 de janeiro de 2015. Foram realizados 9 testes com 807 leituras de sensores no total.

Figura 43: Ambiente de Coleta de dados



O módulo **coletor de contexto** é responsável pela aquisição dos dados dos sensores, no estudo experimental foi utilizado o Software Arduino (IDE) - ARDUINO 1.0.6. O ambiente de desenvolvimento Arduino contém um editor de texto para escrever código, uma área de mensagens, um console de texto, uma barra de ferramentas com botões para funções comuns e uma série de menus. Ele se conecta ao hardware Arduino para carregar programas e comunicar com os mesmos. A Figura 43 ilustra o ambiente de coleta de dados dos sensores.

A Figura 44 ilustra alguns dados coletados do sensor que mede a pressão arterial e pulso.

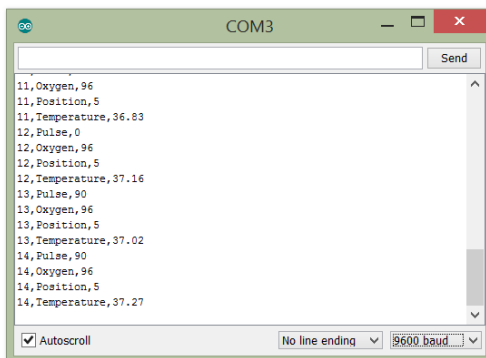
Figura 44: Dados coletados sensor de pressão

27/02/2015 11:39	Systolic	121
27/02/2015 11:39	Diastolic	80
27/02/2015 11:39	Pulse	89
27/02/2015 13:35	Systolic	116
27/02/2015 13:35	Diastolic	73
27/02/2015 13:35	Pulse	85
27/02/2015 15:40	Systolic	124
27/02/2015 15:40	Diastolic	96
27/02/2015 15:40	Pulse	88

Enquanto a Figura 45 representa a coleta de dados dos sensores: pulso, oxigênio, temperatura corporal e posição do paciente, através do *software* Arduino.

Figura 45: Coleta de dados (pulso, oxigênio, posição e temperatura)

```
void loop() {
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Pulse,");
  Serial.print(eHealth.getBPM());
  Serial.print("\n");
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Oxygen,");
  Serial.print(eHealth.getOxygenSaturation());
  Serial.print("\n");
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Position,");
  Serial.print(eHealth.getBodyPosition());
  Serial.print("\n");
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Temperature,");
  float temperature = eHealth.getTemperature();
  Serial.print(temperature, 2);
  Serial.print("\n");
  time++;
  delay(TEMPD);
}
```



O código fonte de leitura dos sensores (pulso, oxigênio, posição e temperatura) representado na Figura 45, assim como o código fonte de leitura da pressão arterial através do *software* Arduino estão disponíveis nos Apêndices G e H respectivamente.

6.4.4 Quantificador de QoC

Após a aquisição dos dados dos sensores, tem-se a quantificação de QoC, através do módulo **quantificador de QoC**. Os parâmetros de QoC quantificados foram: Up-to-dateness (U), Coverage (C), Precision (P), Completeness (Cm), Significance (S), assim como QoC geral.

O cálculo do parâmetro Precision foi baseado na especificação do sensor, as demais quantificações foram realizadas como detalhado no quantificador utilizado na prova de conceito (seção 6.3.4).

Vários valores descritos na quantificação precisam ser configurados. Os valores utilizados na quantificação dos parâmetros neste experimento serão descritos a seguir.

Up-to-dateness (U): A variável *tempo_de_vida* é definida como um valor em que a informação torna-se "velho", desatualizada. Esta variável é utilizada para definir o tempo entre as leituras nos sensores. Para os sensores pulso, oxigênio, temperatura corporal e posição do paciente, foi utilizado o tempo de 5 minutos. Já para pressão arterial, foi utilizado a cada 2 horas.

Coverage (C): A faixa de valores para cada sensor (*limite_superior*, *limite_inferior*) utilizada foi:

Pulso: (30, 200)

Oxigênio no sangue: (50, 150)

Temperatura corporal: (20, 50)

Pressão arterial: (0, 300)

Posição do paciente: (1, 5)

Precision (P): Os valores do parâmetro *Precision* utilizados foram:

Pulso e Oxigênio no sangue: 0.96

Temperatura corporal: 0.97

Pressão arterial – pressão 0.98 – pulso 0.95

Posição do paciente: 0.99

Completeness (Cm): As quantidades de informações fornecidas pelos objetos de contexto (sensores) estão listadas a seguir. Todas as informações terão o mesmo peso.

Pulso e Oxigênio no sangue: 2 (pulso, oxigênio)

Temperatura corporal: 1

Pressão arterial: 3 (sistólica, diastólica, pulso)

Posição do paciente: 1

Significance (S): O limite crítico para cada sensor é:

Pulso: <60 ou > 100

Oxigênio no sangue: <95 ou >99

Temperatura corporal: <35 ou >38.5

Pressão arterial: Sistólica <90 ou >140 – Diastólica <60 ou >90;

Posição do paciente: necessita de um algoritmo para determinar situações de perigo;

6.4.5 Avaliador de QoC e Resultados

Com a quantificação de QoC realizada, o módulo **avaliador de QoC** analisará este resultado, da mesma forma como foi analisado na prova de conceito. A Tabela 5 ilustra alguns casos onde a qualidade de contexto obtida é adequada.

Tabela 5: Quantificação de QoC

T	Tp	L	U	C	P	Cm	S	QoC
3	PS	121	1	1	0.98	1	0	1.00
3	PD	80	1	1	0.98	1	0	1.00
3	P1	89	1	1	0.95	1	0	0.99
12	P2	93	1	1	0.96	1	0	0.99
12	O	96	1	1	0.96	1	0	0.99
12	Pp	5	1	1	0.99	1	0	1.00
12	T	36.83	1	1	0.97	1	0	0.99

As siglas das colunas referem-se a: tempo (T); tipo (Tp) que inclui: Pressão Sistólica (PS), Pressão Diastólica (PD), Pulso (P), Oxigênio (O), Posição do paciente (Pp) e temperatura (T); valores Lidos (L). U, C, P, Cm, S são os parâmetros de QoC: *Up-to-dateness* (U), *Coverage* (C), *Precision* (P), *Completeness* (Cm) e *Significance* (S). QoC é o valor geral

de $QoC = (U + C + P + Cm)/4$. O parâmetro *Significance*, serve para alertar certas situações, quando necessário. P1 refere-se a leitura de pulso do dispositivo que mede também a pressão arterial. Já P2 refere-se a leitura de pulso do sensor Pulso e Oxigênio no sangue.

A Tabela 5 ilustra alguns dados lidos dos sensores utilizados no experimento, assim como os parâmetros de QoC e o valor de QoC calculados. No tempo 3 tem-se os valores para Pressão Sistólica (PS), Pressão Diastólica (PD) e Pulso (P1). No tempo 12 os valores são referentes a Pulso (P2), Oxigênio (O), Posição do paciente (Pp) e Temperatura (T). Como pode-se observar na coluna QoC, todos os valores são bem próximos a 1 (valor máximo) e nenhuma alerta é gerada a partir do parâmetro *Significance*, pois o valor é 0 em todos os casos.

A seguir, na Tabela 6 são apresentadas algumas situações com alertas geradas pelo módulo **avaliador de QoC**. Nesta tabela pode-se verificar várias situações, identificadas nos experimentos realizados, com alertas geradas através da avaliação da QoC e seus parâmetros. Na coluna T o tempo está sequencial para facilitar a representação, não corresponde ao tempo real obtido no experimento.

Tabela 6: Quantificação de QoC com alerta

T	Tp	L	U	C	P	Cm	S	QoC
1	P2	0	0	0	0.96	0	1	0.24
1	O	0	0	0	0.96	0	1	0.24
2	PS	126	0	1	0.98	1	0	0.75
2	PD	79	0	1	0.98	1	0	0.75
2	P1	92	0	1	0.95	1	0	0.74
3	P2	80	1	1	0.96	0.5	0	0.87
3	O	0	1	0	0.96	0.5	1	0.62
4	P2	5	1	0	0.96	1	1	0.74
5	P1	56	1	1	0.95	1	1	0.99
5	P2	60	1	1	0.96	1	0	1.00
6	P2	102	1	1	0.96	1	1	0.99
7	O	90	1	1	0.96	1	1	0.99
8	T	38.71	1	1	0.97	1	1	0.99
9	T	34.45	1	1	0.97	1	1	0.99
10	PS	197	1	1	0.98	1	1	1.00
10	PD	187	1	1	0.98	1	1	1.00
10	P1	69	1	1	0.95	1	0	0.99

Inicialmente, tem-se casos onde os valores de QoC são mais baixos (menos próximos de 1) do que esperado, correspondendo do T 1 ao 4. Analisando as demais informações, obtêm-se as possíveis causas:

- T 1: Os valores (L) de P2 e O são zero (0), o que foi constatado no experimento quando o sensor Pulso e Oxigênio no sangue não é lido. Neste caso $U=0$ (a informação está desatualizada). Automaticamente o parâmetro $C=0$, pois os valores lidos são inválidos e $C_m=0$, os atributos esperados não estão disponíveis. Sendo assim, $QoC=0.24$;
- T 2: Um pouco diferente do caso anterior, os valores lidos para PS, PD e P1 são válidos $C=1$ e completos $C_m=1$, mas também estão desatualizados $U=0$. Para este sensor, isso ocorre quando o intervalo entre as leituras ultrapassa 2 horas. Os valores de QoC ficaram por volta de 0.75;
- T 3: A leitura do sensor Pulso e Oxigênio no sangue está incompleta, pois $P2=80$ e $O=0$. Embora o valor tenha sido lido no sensor, este não foi transmitido corretamente. Sendo assim $C_m=0.5$ para este tempo. Para O, $C=0$ (valor inválido). Neste caso $QoC(P2)=0.87$ e $QoC(O)=0.62$;
- T 4: O valor $P2=5$ está fora da cobertura esperada para Pulso (30,200), logo $C=0$, gerando $QoC=0.74$;

Na sequência da Tabela 6, estão listados outros casos de alerta, onde é levado em conta o valor do parâmetro *Significance*, ou seja, são situações onde os valores dos sensores biomédicos podem representar problemas de saúde ou situações de emergência, embora o valor de QoC seja alto.

- T 5: P1 tem um valor abaixo da faixa de referência, sendo assim $S=1$ para chamar atenção. Neste caso, tem-se o exemplo também do uso do parâmetro *precision* (P). $P2=60$ indica um valor normal, para um sensor com P ligeiramente mais alto. Seria então um caso de alerta com menor gravidade. O valor de P é fixo para cada sensor. Sendo assim, seu uso é indicado na escolha de um provedor de contexto mais adequado, quando sensores com melhor precisão estão disponíveis;
- T 6: Ao contrário da situação anterior $P2=102$ é considerado um valor mais alto do que o esperado, $S=1$;
- T 7: O valor do Oxigênio ($O=90$) está abaixo do esperado 95, logo $S=1$;
- T 8: A temperatura $T=38.71$ é considerada alta, $S=1$;

- T 9: Já neste caso a temperatura $T=34.45$ está abaixo do esperado, $S=1$;
- T 10: Esta situação é um exemplo de pressão bastante alta e com valores de SP e DP próximos, seria um caso de alerta mais urgente. Já o valor para pulso neste mesmo tempo está normal.

Além destes casos citados até agora, outra possibilidade explorada do uso do parâmetro *Significance* é a alerta para uma possível queda do paciente. Inicialmente, o alerta é gerado quando a transição entre as posições do paciente é diferente do esperado.

Acredita-se que a transição de posições mais comum (esperada) é:

5 - em pé ou sentado

1 - posição supina

2 ou 3 – decúbito lateral esquerdo ou direito

4 - posição prona

Sendo assim, a Tabela 7 representa uma alerta de queda ($S=1$), onde ocorreu uma transição da posição 5 (em pé ou sentado) diretamente para 4 (prona).

Tabela 7: Alerta para possível queda

T	Tp	L	U	C	P	Cm	S	QoC
20	Pp	5	1	1	0.99	1	0	1.00
21	Pp	5	1	1	0.99	1	0	1.00
22	Pp	5	1	1	0.99	1	0	1.00
23	Pp	4	1	1	0.99	1	1	1.00
24	Pp	4	1	1	0.99	1	0	1.00

Com um estudo mais aprofundado, um algoritmo mais completo para detecção de quedas pode ser proposto. Por exemplo, integrar o sensor de posição com outros sensores, como de presença, permitindo assim a identificação da localização do usuário na casa, além da sua posição, servindo para outras verificações, como: no banheiro ou na cozinha não espera-se a posição deitado, alertas podem ser gerados nestas situações.

Além de outras possibilidades de uso, como baseado na rotina do usuário monitorado, algumas verificações podem ser realizadas, como: o horário aproximado que o mesmo costuma acordar (levantar da cama), intervalo grande sem mudança de posição, entre outras.

O Quadro 14 apresenta um comparativo paralelo entre a prova de conceito e o estudo experimental com relação ao ambiente protótipo,

participantes, experimentos realizados, sensores utilizados, parâmetros de QoC adotados, quantificador e avaliador de QoC.

Quadro 14: Comparativo entre a prova de conceito e o estudo experimental

Prova de conceito: Simulação - Siafu	Estudo Experimental: Plataforma e-Health
Ambiente Protótipo	
CUIDA – AAL: ambiente gráfico - software	CUIDA – AAL: casa dos usuários
Participantes	
1 ator (paciente)	3 usuários / participantes
Experimentos realizados	
3 simulações realizadas em 24/05/13	Coleta de dados entre 26 a 30/01/15
Em torno de 36.000 registros	9 testes – 807 leituras sensores
Sensores utilizados	
Pressão, Pulso, Temperatura	Pressão, Pulso, Temperatura, Oxigênio, Posição
Parâmetros de QoC	
Up-to-dateness, Coverage, Precision, Completeness, Significance	Up-to-dateness, Coverage, Precision, Completeness, Significance
Quantificador de QoC	
Configuração inicial do quantificador (genérica)	Configuração adaptada às características dos sensores utilizados, de acordo com o fabricante
Avaliador de QoC	
Deteção de problemas de QoC e alertas de saúde	Deteção de problemas de QoC e alertas de saúde

6.5 CONSIDERAÇÕES

O modelo de conhecimento desenvolvido através da ontologia de QoC apoiou o processo de definição da arquitetura de gerenciamento de contexto, facilitando a definição do cenário utilizado, assim como a especificação dos módulos que fizeram tanto a quantificação como a avaliação de QoC.

Na arquitetura de gerenciamento de contexto proposta a principal contribuição desta pesquisa está nos módulos **Quantificador de QoC** e

Avaliador de QoC, onde ocorrem os cálculos dos parâmetros de QoC e posterior análise dos resultados obtidos, gerando assim alertas de vários tipos, quando necessário.

Analisando os resultados obtidos na prova de conceito com a simulação e no estudo experimental com os sensores, observa-se que a detecção de valores indesejáveis de QoC ocorrem da forma prevista na simulação, assim como a identificação de determinadas causas relacionadas aos parâmetros de QoC *Up-to-dateness*, *Coverage* e *Completeness*. A utilização do parâmetro *Significance* para alertar possíveis situações de perigo ou emergência também funcionou como esperado. Sendo assim, percebe-se que os resultados foram atingidos com sucesso.

Com relação à utilização do parâmetro *Precision*, verificou-se que na prática precisa-se utilizar o valor da especificação do fabricante, ou calcular a precisão relativa a outro dispositivo. Este valor é fixo, e pode ser utilizado para selecionar um dispositivo mais preciso do que outro, quando for necessário e possível. Ou seja, o uso do parâmetro *Precision* é mais indicado na seleção de provedores de contexto, sendo uma solução diferenciada para estas situações.

O estudo experimental realizado no ambiente **CUIDA** com as leituras de pulso, oxigênio, temperatura, pressão arterial e posição do paciente, juntamente com a avaliação dos parâmetros de QoC *Up-to-dateness*, *Coverage*, *Precision*, *Completeness*, *Significance* e QoC geral demonstraram sucesso nos resultados, onde vários casos de qualidade de contexto insuficiente podem ser detectados, bem como possíveis problemas de saúde, podendo proporcionar um atendimento personalizado do profissional de saúde, em um tempo reduzido.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho frente aos objetivos, desenvolvimento e resultados alcançados. Além de recomendações para trabalhos futuros.

7.1 CONCLUSÕES

O crescente uso de dispositivos móveis aumentou a demanda por informações de contexto. Esta é uma área de pesquisa com muitos desafios como: complexidade, consumo de energia, processamento, armazenamento, transmissão de dados, interatividade com o usuário, qualidade de serviço e segurança.

Um aspecto muito importante na computação sensível ao contexto é a qualidade das informações de contexto. O valor da Qualidade de Contexto pode impactar de forma positiva ou negativa na adaptação de serviços sensível ao de contexto. Desta forma, esta tese teve como foco o tema Qualidade de Contexto.

A revisão sistemática de literatura sobre QoC gerou uma taxonomia, onde se destacaram os temas: definições e propostas de parâmetros de QoC, alternativas para suas quantificações, os modelos de representação de contexto com QoC, outros temas abordados e cenários utilizados. O principal desafio identificado nesta área é a falta de padronização de nomenclaturas, definições, quantificação e consequentemente de modelagem, o que dificulta o entendimento, a interoperabilidade e o compartilhamento de informações de contexto e de QoC.

A Engenharia do Conhecimento tem o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento. Com base no levantamento de literatura sobre a EC, suas metodologias, técnicas e ferramentas, optou-se em utilizar a ontologia para auxiliar na representação de conhecimento de QoC, permitindo assim a exploração, o compartilhamento e reuso do conhecimento neste domínio.

Algumas ontologias que abordam QoC foram encontradas na literatura, mas quase não tratam detalhes sobre QoC, apenas apresentam alguns parâmetros e abordam com mais detalhes as questões do contexto envolvido. Percebeu-se então uma boa oportunidade de avanço nas pesquisas, propondo um modelo de conhecimento de QoC, com sua formalização e codificação do conhecimento através de ontologia.

A utilização de ontologias como modelo de conhecimento é incentivada, visto que as ontologias representam conhecimento para a

comunicação entre os seres humanos, primam pela estruturação, pela organização e pela integração de conhecimento.

A ontologia desenvolvida e descrita nesta tese pode ser caracterizada segundo o conteúdo representado, como ontologia para modelagem de conhecimento. De acordo com a hierarquia como ontologia de domínio e quanto à expressividade como ontologia de menor expressividade.

A aplicação dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da ontologia ilustra um processo que pode ser utilizado em outros domínios, assim como as ferramentas OntoKEM e Protégé.

O modelo de conhecimento de QoC desenvolvido representa os principais aspectos identificados na taxonomia de QoC, permitindo sua exploração por pesquisadores e desenvolvedores de computação sensível ao contexto. Além do modelo responder uma lista de perguntas mais relevantes que foram elaboradas, muitas outras buscas podem ser realizadas na ontologia, facilitando o entendimento e acesso aos conceitos relacionados. A estruturação, organização e integração deste conhecimento certamente facilitará o compartilhamento e reutilização do modelo proposto.

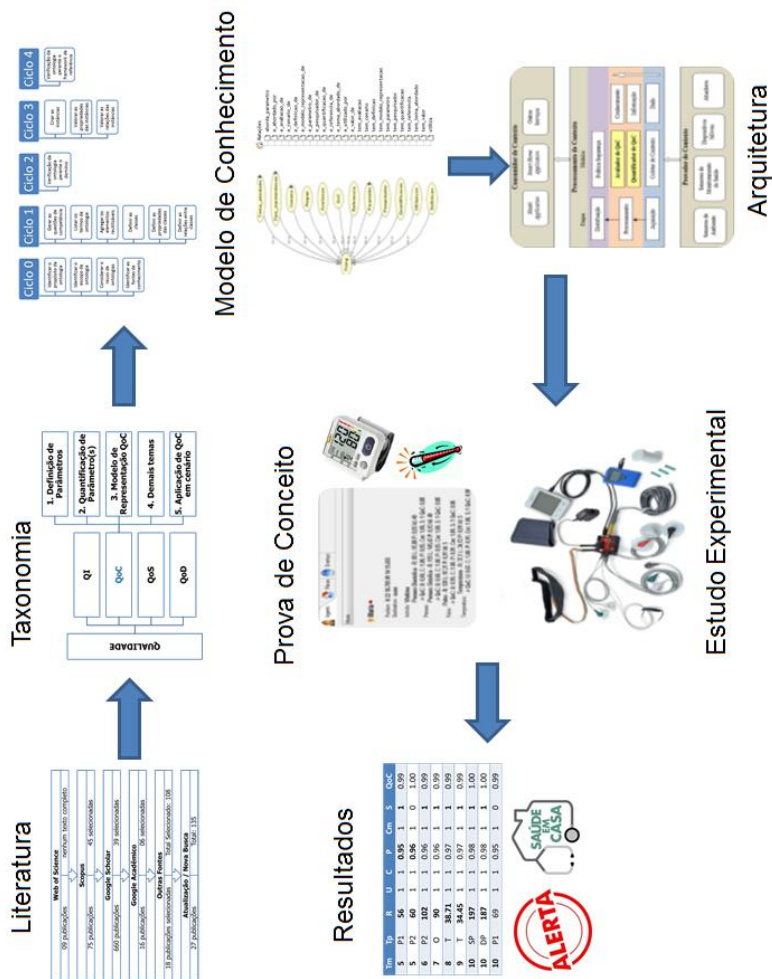
Com a finalidade de aplicar o modelo de conhecimento desenvolvido em um cenário AAL denominado **CUIDA - Contexto Ubíquo Interno em Domicílios Assistidos**, foi elaborada uma arquitetura de gerenciamento de contexto com foco em dois módulos: quantificador de QoC e avaliador de QoC. O modelo de conhecimento desenvolvido foi fundamental nesta etapa, servindo de apoio em todo o processo.

Objetivando verificar a consistência da avaliação de QoC proposta, inicialmente foi realizada uma prova de conceito através de simulação, com o simulador de contexto Siafu. Com a simulação obteve-se resultados iniciais satisfatórios da avaliação de QoC proposta.

O estudo experimental no ambiente CUIDA com a plataforma e-Health utilizando os sensores de pulso, oxigênio, temperatura, pressão arterial e posição do paciente, confirmou os bons resultados obtidos na simulação. Através dos experimentos realizados, foi possível demonstrar que vários casos de qualidade de contexto insuficiente podem ser detectados, assim como as causas relacionadas, bem como possíveis problemas de saúde, que podem proporcionar o atendimento de um profissional de saúde em um tempo reduzido.

A Figura 46 ilustra uma visão geral de todas as etapas realizadas durante esta tese e descritas anteriormente.

Figura 46: Visão geral das etapas desenvolvidas na tese



Considerando que a expectativa de vida da população está cada vez maior, tem-se uma população que está envelhecendo. Sendo assim, a pesquisa em serviços e sistemas *Ambient Assisted Living* tem como objetivo permitir aos idosos envelhecer bem em casa, na comunidade e no trabalho, aumentando assim a qualidade de vida, a autonomia, a

participação na vida social, as qualificações e a empregabilidade, reduzindo ainda os custos de saúde e assistência social.

Todas as publicações obtidas durante a realização desta tese estão listadas no Apêndice A.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Diversas são as possibilidades para a continuidade desta pesquisa, a seguir algumas sugestões são listadas:

- Integrar sensores biomédicos com sensores de ambiente, como presença, temperatura, umidade, detecção de gás, detecção de fumaça, criando assim um cenário AAL mais completo. Este processo está em andamento no LaPeSD – Laboratório de Pesquisa em Sistemas Distribuídos. A pesquisa em andamento está utilizando sensores de umidade e temperatura do ambiente que serão integrados aos sensores biomédicos da plataforma e-Health. Assim, algumas características do ambiente também poderão ser exploradas na pesquisa;
- Refinar o algoritmo para detecção de queda através do sensor de posição do paciente, visando um resultado mais preciso;
- Explorar os demais sensores biomédicos da plataforma e-Health. São dez sensores no total. Não foram utilizados nesta fase da pesquisa os sensores: fluxo de ar (respiração), eletrocardiograma (ECG), glicosímetro, *galvanic skin response* (GSR - sudorese), músculo / sensor de eletromiografia (EMG). Desta forma, outros problemas de saúde poderão ser beneficiados com a proposta de avaliação de QoC;
- Testar outros parâmetros de QoC propostos na literatura e modelados na ontologia. Sendo assim, possivelmente outras causas de problemas de QoC poderão ser observadas;
- Automatizar todo o processo desenvolvido no experimento: salvar dados de leitura em banco de dados, implementar a quantificação de parâmetros de QoC (quantificador de QoC) e verificação destes valores (avaliador de QoC), gerando os alertas, quando necessário, em tempo real. Desta forma, o protótipo poderia ser utilizado de forma mais facilitada ao usuário final;
- Desenvolver um aplicativo para utilização da proposta com dispositivos portáteis, o resultado da avaliação de QoC poderia ser visualizado no dispositivo;

- Fazer uma análise da *performance* do modelo, levando em consideração o custo computacional em relação aos benefícios, a quantidade de parâmetros de QoC adotados, as informações mais críticas, etc.;
- Complementar a ontologia de QoC desenvolvida com as informações de configuração para os sensores já utilizados pelo **quantificador de QoC**: limites *coverage*, limites *significance*, *precision* do fabricante, número de atributos disponíveis para *completeness*, *up-to-dateness* sugerido, fórmula e pesos para cálculo de QoC geral. Assim estas informações poderiam ser compartilhadas mais facilmente, como o restante da ontologia já modelada;
- Complementar também a ontologia de QoC com as regras utilizadas pelo **avaliador de QoC**, assim como os alertas a serem gerados para cada situação. Da mesma forma, estas informações poderiam ser reutilizadas com mais facilidade;
- Expandir a ontologia de QoC incluindo os valores das leituras dos sensores, valores de QoC quantificados e resultados gerados pela avaliação de QoC. Integrar então com a ontologia de usuário e também de saúde. Um estudo conjunto deste conhecimento reunido pode resultar outros avanços nesta área;
- Com a ontologia de QoC mais completa e integrada a ontologias de usuário e saúde, analisar o contexto envolvido, avaliando a influência do ambiente na saúde de determinado usuário, considerando as suas informações (particularidades). Algum alerta genérico pode não representar perigo para determinado usuário, dependendo de seu histórico de saúde ou do contexto envolvido. Ex. paciente apresenta pressão um pouco mais elevada habitualmente ou acabou de realizar algum esforço físico maior (ex. corrida).

REFERÊNCIAS

AALJP. **Ambient Assisted Living Joint Programme**. ICT for ageing well. Disponível em: <<http://www.aal-europe.eu>>. Acesso em: 15 janeiro 2015.

AAMODT, A.; PLAZA, E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. **AI Communications**, v. 7, n. 1, p. 39–59, 1994.

ABID, Z.; CHABRIDON, S. A fine-grain approach for evaluating the quality of context. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS (PERCOM WORKSHOPS). **Proceedings...** 2011. p. 444-449.

ABRAHAM, A.; GUO, H.; LIU, H. Swarm Intelligence: Foundations, Perspectives and Applications. In: SWARM INTELLIGENT SYSTEMS. **Proceedings...**Rio de Janeiro: Springer-Verlag, 2006. p. 3-25.

ANGELE, J.; FENSEL, D.; STUDER, R. Domain and Task Modeling in MIKE. In: JOINT WORKING CONFERENCE ON DOMAIN KNOWLEDGE FOR INTERACTIVE SYSTEM DESIGN. **Proceedings...** 1996. p. 8-10.

AUER, S. RapidOWL - An Agile Knowledge Engineering Methodology. In: SEMANTIC WEB ENGINEERING IN THE KNOWLEDGE SOCIETY. **Proceedings...** New York: 2009.

BAEZA YATES, R. A.; RIBEIRO NETO, B. A. **Modern Information Retrieval**. ACM Press/Addison-Wesley, 1999.

BECHHOFER, S. **Ontoweb report: Ontology language standardisation efforts**. 2002. (Technical Report).

BECKER, S., et al. **Reference Model for the Quality of Context Information**. Universität Stuttgart: 2010. 128 p. (Technical Report).

BELLAVISTA, P., et al. A Survey of Context Data Distribution for Mobile Ubiquitous Systems. **ACM Computing Surveys**, v. 44, n. 4, p. 1–45, 2012.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new Possibilities. **Scientific American Magazine**, v. 284, n. 5, p. 34-43, 2001.

BETTINI, C., et al. A survey of context modelling and reasoning techniques. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 6, n. 2, p. 161–180, abr. 2010.

BRGULJA, N., et al. Measuring the Probability of Correctness of Contextual Information in Context Aware Systems. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE, AUTONOMIC AND SECURE COMPUTING. **Proceedings...** 2009. p. 246-253.

BRINGEL FILHO, J., et al. Modeling and Measuring Quality of Context Information in Pervasive Environments. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION NETWORKING AND APPLICATIONS. **Proceedings...** 2010. p. 690-697.

BRINGEL FILHO, J.; AGOULMINE, N. A Quality-Aware Approach for Resolving Context Conflicts in Context-Aware Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMBEDDED AND UBIQUITOUS COMPUTING. **Proceedings...** 2011. p. 229-236.

BRINGEL FILHO, J.; MARTIN, H. QACBAC : An owner-centric QoC-Aware Context-Based Access Control Model for Pervasive Environments. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SECURITY AND PRIVACY IN GIS AND LBS. **Proceedings...** 2008a. p. 30-38.

BRINGEL FILHO, J.; MARTIN, H. A Quality-Aware Context-Based Access Control model for ubiquitous applications. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL INFORMATION MANAGEMENT. **Proceedings...** 2008b. p. 113-118.

BRINGEL FILHO, J.; MARTIN, H. Using Context Quality Indicators for Improving Context-Based Access Control in Pervasive Environments. **IEEE/IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMBEDDED AND UBIQUITOUS COMPUTING. Proceedings...** 2008c. p. 285-290.

BU, Y., et al. Managing quality of context in pervasive computing. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUALITY SOFTWARE (QSIC'06). Proceedings...** 2006. p. 1-8.

BUCHHOLZ, T.; KRAUSE, M. CoCo: Dynamic composition of context information. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND UBIQUITOUS SYSTEMS: NETWORKING AND SERVICES (MOBIQUITOUS'04). Proceedings...** 2004. p. 1-9.

BUCHHOLZ, T.; KÜPPER, A.; SCHIFFERS, M. Quality of Context : What It Is And Why We Need It. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP OF THE HP OPENVIEW UNIVERSITY ASSOCIATION(HPOVUA). Proceedings...** 2003. p. 1-14.

CASTRO, L. N. **Engenharia Imunológica**: Desenvolvimento e Aplicação de Ferramentas Computacionais inspiradas em Sistemas Imunológicos Artificiais. 2001. 277 f. Tese de Doutorado (Engenharia de Computação) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CHABRIDON, S., et al. Building ubiquitous QoC-aware applications through model-driven software engineering. **Science of Computer Programming**, v. 78, n. 10, p. 1912-1929, 2012.

CHABRIDON, S.; ABID, Z.; TACONET, C. A Model-driven Approach for the QoC-Awareness of Ubiquitous Applications. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON UBIQUITOUS COMPUTING AND AMBIENT INTELLIGENCE (UCAMI 2011). Proceedings...** Riviera Maya, Mexico: 2011. p. 1-8.

CHEN, G.; KOTZ, D. **A survey of context-aware mobile computing research**. Hanover, NH, USA: 2000. 16 p. (Technical Report).

COOKING-HACKS. e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi Biometric / Medical Applications. Disponível em: <<http://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>>. Acesso em: 20 abril 2014.

CORRADI, A.; FANELLI, M.; FOSCHINI, L. Adaptive context data distribution with guaranteed quality for mobile environments. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WIRELESS PERVASIVE COMPUTING. **Proceedings...** 2010. p. 373-380.

CUNNINGHAM, H.; SHEFFIELD, U. In: ENCYCLOPEDIA OF LANGUAGE & LINGUISTICS. **Information Extraction, Automatic.** p. 665-677.

D'AGOSTINI, C. S., et al. Contextual Semantic Search - Capturing, using the User's Context to Direct Semantic Search. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS (ICEIS 2008). **Proceedings...** Barcelona, Spain: 2008. p. 154-159.

DEY, A. K. **Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications.** 2001. 188 f. Tese de Doutorado - Georgia Institute of Technology.

DOMINGUE, J.; MOTTA, E.; WATT, S. The emerging VITAL workbench. **Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems, Lecture Notes in Computer Science**, v. 723, p. 330-339, 1993.

EMMANOUILIDIS, C.; KOUTSIAMANIS, R.-A.; TASIDOU, A. Mobile guides: Taxonomy of architectures, context awareness, technologies and applications. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 36, n. 1, p. 103-125, 2013.

EPPLER, M. **Managing Information Quality: Increasing the Value of Information in Knowledge-intensive Products and Processes.** New York: Springer Berlin, 2006.

ESCOBEDO, E. P. P. **Modelagem de contexto utilizando ontologias.** 2008. 116 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

FANELLI, M., et al. QoC-Based Context Data Caching for Disaster Area Scenarios. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS (ICC). **Proceedings...** 2011. p. 1-5.

FELDMAN, R.; DAGAN, I.; HIRSH, H. Mining text using keyword distributions. **Journal of Intelligent Information Systems**, v. 10, n. 3, p. 281–300, 1998.

GAIZAUSKAS, R.; WILKS, Y. Information extraction: Beyond document retrieval. **Journal of Documentation**, v. 54, n. 1, p. 70–105, 1998.

GARSHOL, L. M. Metadata? Thesauri? Taxonomies? Topic Maps! Making Sense of it all. **Journal of Information Science**, v. 30, n. 4, p. 378–391, 2004.

GIAFFREDA, R.; BARRIA, J. Collaborative Context-Awareness and Reasoning for Optimised Service Delivery. In: IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE - VTC2007-SPRING. **Proceedings...** 2007a. p. 252-256.

GIAFFREDA, R.; BARRIA, J. Service Delivery in Collaborative Context-Aware Environments Using Fuzzy Logic. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. **Proceedings...** 2007b. p. 2045-2049.

GÓMEZ-PÉREZ, A. Ontological engineering: a state of the art. **British Computer Society**, v. 2, n. 3, p. 33–44, 1999.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; CORCHO, O. Ontology Languages for the Semantic Web. **IEEE Intelligent Systems**, v. 17, n. 1, p. 54–60, 2002.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; CORCHO, O.; FENÁNDEZ-LÓPEZ, M. **Ontological Engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web.** Springer-Verlag, 2004.

GRAY, P. D.; SALBER, D. Modelling and using sensed context information in the design of interactive applications. **Engineering for Human-Computer Interaction**, v. 2254, n. 1, p. 317–335, 2001.

GROSSMANN, M. An abstract processing model for the quality of context data. **Quality of Context: Lecture Notes in Computer Science**, v. 5786, p. 132–143, 2009.

GRUBER, T. R. A translation approach to portable ontology specifications. **Knowledge Acquisition**, v. 5, n. 2, p. 199–220, 1993.

GRUBER, T. R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. **International journal of human-computer studies**, v. 43, n. 5, p. 907–928, 1995.

GU, T., et al. An Ontology-based Context Model in Intelligent Environments. In: COMMUNICATION NETWORKS AND DISTRIBUTED SYSTEMS MODELING AND SIMULATION CONFERENCE. **Proceedings...** San Diego, CA, USA: 2004, p. 1-6.

GUARINO, N. **Formal Ontology in Information Systems**. Amsterdam: IOS Press, 1998.

HEGERING, H.; LINNHOFF-POPIEN, C. Management challenges of context-aware services in ubiquitous environments. **Self-Managing distributed systems: Lecture Notes in Computer Science**, v. 2867, p. 321–339, 2003.

HEIJST, G. VAN; SCHREIBER, A.; WIELINGA, B. Using explicit ontologies in KBS development. **International Journal Human-Computer Studies**, v. 46, n. 2, p. 183–292, 1997.

HEINZLE, R. **Um modelo de engenharia do conhecimento para sistemas de apoio a decisão com recursos para raciocínio abduativo**. 2011. 247 f. Tese de Doutorado (Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J.; RAKOTONIRAINY, A. Modeling context information in pervasive computing systems. **Pervasive Computing: Lecture Notes in Computer Science**, v. 2414, p. 79–117, 2002.

HO, T. B.; KAWASAKI, S.; GRANAT, J. Knowledge Acquisition by Machine Learning and Data Mining. **Studies in Computational Intelligence**, v. 59, p. 69–91, 2007.

HOSSAIN, M. A., et al. Adaptive interaction support in ambient-aware environments based on quality of context information. In: MULTIMEDIA TOOLS AND APPLICATIONS. **Proceedings... 2012**. p. 1-24.

HUBNER, J. F.; BORDINI, R. H.; VIEIRA, R. Introdução ao Desenvolvimento de Sistemas Multiagentes com Jason. XII ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA SBC. **Anais...** Guarapuava, Paraná: 2004, p. 51-89.

HUEBSCHER, M. C.; MCCANN, J. A. Adaptive middleware for context-aware applications in smart-homes. In: WORKSHOP ON MIDDLEWARE FOR PERVASIVE AND AD-HOC COMPUTING. **Proceedings...** Toronto, Canada: ACM, 2004. p. 111-116.

INMON, W. **Building the Data Warehouse**. John Wiley, 1992.

JARDIM, A. D.; PALAZZO, L. A. M. Aplicações da web semântica nas redes sociais. In: CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMÍDIA PARA APRENDIZAGEM. **Anais...** Florianópolis: 2009, p.1-14.

JONES, S. Automatic summarising: The state of the art. **Information Processing & Management**, v. 43, n. 6, p. 1449–1481, 2007.

KASABOV, N. K. **Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering**. MIT Press, 1996.

KIM, E.; CHOI, J. An ontology-based context model in a smart home. **Computational Science and Its Applications-ICCSA: LNCS**, v. 3983, p. 11–20, 2006.

KIM, Y.; LEE, K. A Quality Measurement Method of Context Information in Ubiquitous Environments. INTERNATIONAL CONFERENCE ON HYBRID INFORMATION TECHNOLOGY. **Proceedings...** 2006. p. 576-581.

KLEIN, N.; DAVID, K. Time locality: A novel parameter for quality of context. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKED SENSING SYSTEMS (INSS). **Proceedings...** 2010. p. 277-280.

KNAPPMAYER, M., et al. Survey of Context Provisioning Middleware. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 15, n. 3, p. 1492-1519, 2013.

KNUBLAUCH, H. **An Agile Development Methodology for Knowledge-Based Systems**. 2002. 215 f. Tese de Doutorado (Fakultät für Informatik) - Universidade de Ulm, Berlin.

KRAUSE, M.; HOCHSTATTER, I. Challenges in Modelling and Using Quality of Context (QoC). **Mobility Aware Technologies and Applications: LNCS**, v. 3744, p. 324–333, 2005.

LEC-EGC-UFSC. **OntoKEM - Ontology for Knowledge Engineering and Management**. Disponível em:
<<http://ontokem.egc.ufsc.br/ProjetoOntologias/index.html>>. Acesso em: 18 fevereiro 2014.

LI, F.; NASTIC, S.; DUSTDAR, S. Data Quality Observation in Pervasive Environments. 2012. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND ENGINEERING. **Proceedings...** 2012. p. 602-609.

LIMA, J. C. D., et al. A Context-Aware Recommendation System to Behavioral Based Authentication in Mobile and Pervasive Environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMBEDDED AND UBIQUITOUS COMPUTING. **Proceedings...** 2011a. p. 312-319

LIMA, J. C. D., et al. CARS-AD: A Context-Aware Recommender System to Decide about Implicit or Explicit Authentication in UbiHealth. In: ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MOBILITY MANAGEMENT AND WIRELESS ACCESS - MOBIWAC '11. **Proceedings...** New York, USA: ACM Press, 2011b. p. 83-91.

LOPES, L. F. **Um modelo de engenharia do conhecimento baseado em ontologia e cálculo probabilístico para o apoio ao diagnóstico.** 2011. 233 f. Tese de Doutorado (Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LOUREIRO, A. A. F., et al. Computação Ubíqua Ciente de Contexto: Desafios e Tendências. In: 27^o SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS. **Anais...** 2009. p. 99-149.

LUO REN, L.; JON TONG SENG, Q. Towards context information refinement for proximity mobile service using quality of context. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE. **Proceedings..** ACM, 2009. p. 1-4.

MANZOOR, A., et al. Service-centric Inference and Utilization of Confidence on Context. In: IEEE ASIA-PACIFIC SERVICES COMPUTING CONFERENCE. **Proceedings...** 2010. p. 11-18.

MANZOOR, A.; TRUONG, H. Using quality of context to resolve conflicts in context-aware systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUALITY OF CONTEXT. **Proceedings...** 2009. p. 144-155.

MANZOOR, A.; TRUONG, H.; DUSTDAR, S. On the Evaluation of Quality of Context. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SMART SENSING AND CONTEXT. **Proceedings...** 2008. p. 140-153.

MANZOOR, A.; TRUONG, H.; DUSTDAR, S. Quality of Context : Models and Applications for Context-aware Systems in Pervasive Environments. In: KNOWLEDGE ENGINEERING REVIEW SPECIAL ISSUE ON WEB AND MOBILE INFORMATION SERVICES. **Proceedings...** 2010. p. 1-15.

MANZOOR, A.; TRUONG, H.; DUSTDAR, S. Quality Aware Context Information Aggregation System for Pervasive Environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION NETWORKING AND APPLICATIONS WORKSHOPS. **Proceedings...** 2009. p. 266-271.

MARTIN, M.; NURMI, P. A Generic Large Scale Simulator for Ubiquitous Computing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND UBIQUITOUS SYSTEMS - WORKSHOPS. **Proceedings...** 2006. p. 1-3.

MCNAULL, J., et al. Data and Information Quality Issues in Ambient Assisted Living Systems. **Journal of Data and Information Quality**, v. 4, n. 1, p. 1–15, 2012.

MOREIRA, J. **Um Exemplo de Computação Ubíqua em Serviços de Saúde Orientados ao Utente**. 2011. 93 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Electrotécnica de Computadores) - Universidade do Porto, Porto.

MUNAKATA, T. **Fundamentals of the New Artificial Intelligence: Neural, Evolutionary, Fuzzy and More**. Springer, 2008.

NAZÁRIO, D. C., et al. The acquisition process in knowledge engineering: extraction and elicitation techniques. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI **Proceedings...** São Paulo, SP: 2012. p. 499-517.

NAZÁRIO, D. C., et al. Semantic Portals as a support for Knowledge Management in organizations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI. **Proceedings...** São Paulo, SP: 2013. p. 3100-3119.

NAZÁRIO, D. C., et al. Toward Assessing Quality of Context Parameters in a Ubiquitous Assisted Environment. In: IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS - ISCC. **Proceedings...** Madeira, Portugal: 2014a. p. 1-6.

NAZÁRIO, D. C., et al. An Approach to Evaluating Quality of Context Parameters in an Ambient Assisted Living Environment. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER-BASED MEDICAL SYSTEMS - CBMS. **Proceedings...** New York, USA: 2014b. p. 515-516.

NAZÁRIO, D. C., et al. A Quality of Context Evaluating Approach in an Ambient Assisted Living e-Health System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-HEALTH NETWORKING, APPLICATIONS AND SERVICES - HEALTHCOM. **Proceedings...** 2014c. p. 103-108.

NAZÁRIO, D. C.; DANDOLINI, G. A.; SOUZA, J. A. DE. The strategic use of information technology to support the knowledge management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI. **Proceedings...** São Paulo, SP: 2012. p. 3220-3237.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R. Avaliação de Qualidade de Contexto em Ambiente Assistido. In: 17º SEMINÁRIO DA RTCM - REDE TEMÁTICA DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2013. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Representação de Conhecimento de Contexto e Qualidade de Contexto. In: JORNADA IBEROAMERICANA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE E INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO - JIISIC. **Proceedings...** Lima, Peru: 2012a. p. 95-102.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Taxonomia das publicações sobre Qualidade de Contexto. **Sustainable Business International Journal**, v. 20, p. 1–28, 2012b.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Ontologia de Contexto e Qualidade de Contexto. In: ONTOBRAS - VI SEMINAR ON ONTOLOGY RESEARCH IN BRAZIL. **Anais...**Belo Horizonte, MG: 2013. p. 179-184.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Context Management by Evaluating Quality of Context. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI. **Proceedings...** Sao Paulo, SP: 2014a. p. 1724-1738.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Context Management: Toward assessing Quality of Context parameters in a ubiquitous ambient assisted living environment. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 11, n. 3, p. 569–590, 2014b.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Knowledge Engineering: Survey of Methodologies, Techniques and Tools. **Revista IEEE América Latina**, v. 12, p. 1546–1552, 2014c.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. An Enhanced Quality of Context Evaluating Approach in an Ambient Assisted Living e-Health. In: IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS - ISCC - **Em avaliação. Proceedings...** 2015a. p. 1-7.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Modelo de Conhecimento de Qualidade de Contexto para Ambientes Ubíquos baseado em Ontologia. **International Journal of Knowledge Engineering and Management - Em avaliação**, p. 1–23, 2015b.

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Quality of Context Knowledge Model based on Ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI - **Em avaliação - Proceedings...** São Paulo, SP: 2015c. p. 1-22.

NAZÁRIO, D. C.; MENEGAZZO C. CUIDA-CE: Computação Ciente de Contexto - CUIDA - Contexto Ubíquo Interno em Domicílios Assistidos CE – Contexto Externo via DTN. In: SEMANA DE COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA. INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – IFC – Videira, SC. 2013. (Apresentação de Trabalho / Palestra).

NAZÁRIO, D. C.; ROTTA, M. J. R.; DANTAS, M. A. R. Técnicas de Engenharia do Conhecimento como apoio à Memória Organizacional. **Produção em Foco**, v. 2, p. 156–180, 2012a.

NAZÁRIO, D. C.; ROTTA, M. J. R.; DANTAS, M. A. R. Utilização de técnicas da Engenharia do Conhecimento como apoio aos processos de Memória Organizacional. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO SUL - CONEPROSUL. **Anais...** Joinville, SC: 2012b. p. 1-12.

NAZÁRIO, D. C.; SELL, D.; GAUTHIER, F. O. A utilização de Portais Semânticos como apoio à Gestão do Conhecimento das Organizações. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO SUL - CONEPROSUL. **Anais...** Joinville, SC: 2012. p. 1-11.

NAZÁRIO, D. C.; SILVA, P. F. DA; ROVER, A. J. Avaliação da qualidade da informação disponibilizada no portal da transparência do governo federal. **Revista Democracia Digital e Governo Eletrônico**, v. 6, p. 180–199, 2012.

NEC EUROPEAN RESEARCH LAB, N. **Siafu: An Open Source Context Simulator**. Disponível em: <<http://siafusimulator.org/>>. 2007. Acesso: 10 julho 2013.

NEISSE, R.; WEGDAM, M.; SINDEREN, M. VAN. Trustworthiness and Quality of Context INFORMATION. In: INTERNATIONAL CONFERENCE FOR YOUNG COMPUTER SCIENTISTS. **Proceedings...** 2008. p. 1925-1931.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Disponível em: <<http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness-abstract.html>>. 2008. Acesso: 16 março 2014.

O'REILLY, T. **What is Web 2.0: design patterns and business models for the next generation of software**. Disponível em: <<http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>>. 2005.

OLDHAM, K., et al. MOKA - A Methodology and tools Oriented to Knowledge-based engineering Applications. In: CONFERENCE ON INTEGRATION IN MANUFACTURING. **Proceedings...** Goteborg, Sweden:1998. p. 198-207.

PARK, J., et al. CASS: A Context-Aware Simulation System for Smart Home. In: ACIS INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING RESEARCH, MANAGEMENT & APPLICATIONS (SERA 2007). **Proceedings...** 2007. p. 461-467.

PAWAR, P.; VAN HALTEREN, A.; SHEIKH, K. Enabling Context-Aware Computing for the Nomadic Mobile User: A Service Oriented and Quality Driven Approach. In: IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS AND NETWORKING CONFERENCE. **Proceedings...** 2007. p. 2529-2534.

PPGEGC/UFSC. **Engenharia e Gestão do Conhecimento**. Disponível em: <<http://www.egc.ufsc.br/index.php/pt/egc/pos-graduacao/programa>>. Acesso em: 13 fevereiro 2015a.

PPGEGC/UFSC. **Engenharia do Conhecimento**. Disponível em: <<http://www.egc.ufsc.br/index.php/pt/egc/pos-graduacao/programa/areas-de-concentracao>>. Acesso em: 13 fevereiro 2015b.

PREUVENEERS, D.; BERBERS, Y. Quality extensions and uncertainty handling for context ontologies. **Contexts and Ontologies: Theory, Practice and Applications C&O-2006**, p. 62–64, 2006.

PROTÉGÉ. **The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System**. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: 15 maio 2014.

RAUTENBERG, S. **Modelo de conhecimento para mapeamento de instrumentos da gestão do conhecimento e de agentes computacionais da engenharia do conhecimento baseado em ontologias**. 2009. 238 f. Tese de Doutorado (Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REZGUI, Y. Text-based domain ontology building using Tf-Idf and metric clusters techniques. **The Knowledge Engineering Review**, v. 22, n. 4, p. 379–403, 2007.

RIBEIRO, D. R. N. **Um portal para o comércio eletrônico em Portugal**. 2007. 185 f. Dissertação de Mestrado (Departamento de Engenharias) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal.

ROCHA, C. C., et al. A Context-Aware Authentication Approach Based on Behavioral Definitions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION & KNOWLEDGE ENGINEERING. **Proceedings...** Las Vegas Nevada, USA: 2010. p. 178-184.

ROCHA, C. C., et al. A2BeST: An adaptive authentication service based on mobile user's behavior and spatio-temporal context. In: IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS (ISCC). **Proceedings...** 2011. p. 771-774.

ROUSSAKI, I., et al. How to make Personal Smart Spaces Context-aware. In: PERSIST WORKSHOP ON INTELLIGENT PERVASIVE ENVIRONMENTS. **Proceedings...**2009. p. 26-32.

ROUSSINOV, D.; ROBLES-FLORES, J. Web question answering: technology and business applications. In: PROCEEDINGS OF THE TENTH AMERICAS CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS. **Proceedings...** New York, USA: 2004. p. 3248-3254.

ROY, N.; DAS, S. K.; JULIEN, C. Resource-Optimized Quality-Assured Ambiguous Context Mediation Framework in Pervasive Environments. **IEEE Transactions on Mobile Computing**, v. 11, n. 2, p. 218–229, 2012.

SÁ, P. R. O. DE. **Engenharia do conhecimento aplicada a criação automatizada de conteúdo interativo para tv digital**. 2012. 152 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, V. V. DOS. **Gerenciamento de Contexto em Sistemas Colaborativos**. 2006. 117 f. Qualificação de Doutorado (Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SANTOS, V. V. DOS. **CEManTIKA: A Domain-Independent Framework for Designing Context-Sensitive Systems**. 2008. 175 f. Tese de Doutorado (Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SASIETA, H. A. M.; BEPLER, F. D.; PACHECO, R. C. DOS S. A. Memória Organizacional no Contexto da Engenharia do Conhecimento. **DataGramaZero - Revista de Informação**, v. 12, n. 3, 2011.

SATO, Y., et al. Design and Implementation of an Adaptive Control Scheme for Context Information Delivery. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPLEX, INTELLIGENT AND SOFTWARE INTENSIVE SYSTEMS. **Proceedings...** 2009. p. 351-358.

SCHREIBER, G. T., et al. **Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology**. MIT Press. 2002.

SCHUSTER, D., et al. Pervasive Social Context-Taxonomy and Survey. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology**, v. 9, n. 4, p. 1–22, 2012.

SHADBOLT, N. R.; MILTON, N. From Knowledge Engineering to Knowledge Management. **British Journal of Management**, v. 10, 1999.

SHEIKH, K.; WEGDAM, M.; SINDEREN, M. VAN. Middleware Support for Quality of Context in Pervasive Context-Aware Systems. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS(PERCOMW'07). **Proceedings...** 2007. p. 1-6.

SHEIKH, K.; WEGDAM, M.; SINDEREN, M. VAN. Quality-of-Context and its use for Protecting Privacy in Context Aware Systems. **Journal of Software**, v. 3, n. 3, p. 83–93, 2008.

SILVA, C.; DANTAS, M. A. R. A context-aware approach on semantic trajectories. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND KNOWLEDGE ENGINEERING. **Proceedings...** Boston - USA: 2013. p. 435-440.

STRANG, T.; LINNHOFF-POPIEN, C.; FRANK, K. Applications of a Context Ontology Language. In: WORKSHOP ON ADVANCED CONTEXT MODELLING, REASONING AND MANAGEMENT - INTERNATIONAL CONFERENCE ON UBIQUITOUS COMPUTING. **Proceedings...** Nottingham/England: 2004. p. 1-5.

STUDER, R.; BENJAMINS, V. R.; FENSEL, D. Knowledge engineering: Principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, v. 25, n. 1-2, p. 161–197, 1998.

SURE, Y., et al. **OntoEdit: Collaborative Ontology Development for the Semantic Web**. Springer Berlin Heidelberg. p. 221-235. 2002.

SURE, Y.; STUDER, R. A Methodology for Ontology-based Knowledge Management. In: DAVIES, JOHN; ET AL (EDS). **TOWARDS THE SEMANTIC WEB: ONTOLOGY-DRIVEN KNOWLEDGE MANAGEMENT**. JOHN WILEY & SONS, p. 33-46, 2003.

TAKAHASHI, H.; SUGANUMA, T. An agent-based management scheme of context information for context-aware service. In: **INTERNATIONAL UNIVERSAL COMMUNICATION SYMPOSIUM. Proceedings...** 2009. p. 319-324.

TANG, S.; YANG, J.; WU, Z. A Context Quality Model for Ubiquitous Applications. **IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK AND PARALLEL COMPUTING WORKSHOPS (NPC 2007). Proceedings...** 2007. p. 282-287

TEIXEIRA, H. M. P., et al. Toward Developing Knowledge Representation in Emergency Medical Assistance through a Ontology-based Semantic Cache Model. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING & KNOWLEDGE ENGINEERING (SEKE). Proceedings...** Boston, Massachusetts: 2009. p 592-596.

TIMMIS, J. Exploiting the Immune System for Computation. **IEEE Intelligent Informatics Bulletin**, v. 4, n. 2, p. 1–2, 2004.

TODESCO, J. L., et al. Laboratório de Engenharia do Conhecimento: desenvolvendo ontologias para a Gestão do Conhecimento. **II SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIA NO BRASIL. Anais...**Rio de Janeiro: 2009.

TODESCO, J. L., et al. **Portais corporativos como ferramenta de apoio a gestão do conhecimento nas empresas**. In: **XXII ENANGRAD - TEORIA GERAL DA ADMINISTRAÇÃO (TGA). Anais...**São Paulo, SP: 2011. p. 1-17.

TODESCO, J. L.; GAUTHIER, F. A. O. **Fundamentos de Engenharia do Conhecimento**, 2010. Notas de Aula.

TONINELLI, A.; CORRADI, A. A Quality of Context-Aware Approach to Access Control in Pervasive Environments. **MobileWireless Middleware, Operating Systems, and Applications: LNCS**, v. 7, p. 236–251, 2009.

TURBAN, E.; KING, D. **Comércio Eletrônico: Estratégia e Gestão**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

VAN REES, R. Clarity in the usage of the terms ontology, taxonomy and classification. In: PROCEEDINGS OF THE 2003 CIB W78 CONFERENCE. **Proceedings...** Auckland: Citeseer, 2003.

VANROMPAY, Y.; MEHLHASE, S. An effective quality measure for prediction of context information. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS (PERCOM WORKSHOPS). **Proceedings...** 2010. p. 13-17.

VIANA, W., et al. A Semantic Approach and a Web Tool for Contextual Annotation of Photos Using Camera Phones. In: WISE. **Proceedings...** 2007. p.225-236.

VILLALONGA, C., et al. Bringing Quality of Context into Wearable Human Activity Recognition Systems. **Quality of Context: Lecture Notes in Computer Science**, v. 5786, p. 164–173, 2009.

WATERMAN, D. A. **A guide to Expert Systems**. Addison Wesley, 1986.

WAZLAWICK, R. S. Uma Reflexão sobre a Pesquisa em Ciência da Computação à Luz da Classificação das Ciências e do Método Científico. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v. 6, p. 3–10, 2010.

WIDOM, J. Research problems in data warehousing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT. **Proceedings...** Baltimore, Maryland, United States: ACM, 1995. p. 25-30.

WIDYA, I.; BEIJNUM, B.; SALDEN, A. QoS-based Optimization of End-to-End M-Health Data Delivery Services. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITY OF SERVICE. **Proceedings...** 2006. p. 252-260.

WU, Q. A semantic and adaptive context management service for smart vehicle space in ubiquitous computing environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER-ENABLED DISTRIBUTED COMPUTING AND KNOWLEDGE DISCOVERY (CYBERC '09) **Proceedings...** 2009. p. 301-308.

XU, C.; MA, X.; CAO, C. Minimizing the Side Effect of Context Inconsistency Resolution for Ubiquitous Computing. **Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services**, v. 104, p. 285–297, 2012.

YANG, X. An Adaptive Mechanism for Inconsistent Context Resolution in Ubiquitous Computing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL ENGINEERING AND COMMUNICATION TECHNOLOGY. **Proceedings...** 2012. p. 703-706.

YASAR, A.-U.-H., et al. When efficiency matters: Towards quality of context-aware peers for adaptive communication in VANETs. In: IEEE INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM (IV). **Proceedings...** 2011. p. 1006-1012.

YING, X.; FU-YUAN, X. Research on Context Modeling Based on Ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE FOR MODELLING CONTROL AND AUTOMATION AND INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT AGENTS WEB TECHNOLOGIES AND INTERNATIONAL COMMERCE (CIMCA '06). **Proceedings...** 2006. p. 188-188.

ZHANG, D., et al. Survey on context-awareness in ubiquitous media. **Multimedia Tools and Applications**, v. 67, n. 1, p. 179–211, 2013.

- ZHENG, D. Research of the QoC based Middleware for the Service Selection in Pervasive Environment. **International Journal of Information Engineering and Electronic Business**, v. 1, p. 30–37, 2011.
- ZHENG, D.; WANG, J.; BEN, K. Agent Based Quality Management Middleware for Context-Aware Pervasive Applications. **Advances in Grid and Pervasive Computing**, v. 7296, p. 221–230, 2012.
- ZHENG, D.; WANG, J.; KERONG, B. Evaluation of Quality Measure Factors for the Middleware Based Context-Aware Applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE. **Proceedings...** 2012. p. 403-408.
- ZHENG, D.; YAN, H.; WANG, J. Research of the Middleware Based Quality Management for Context-Aware Pervasive Applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER AND MANAGEMENT (CAMAN). **Proceedings...** 2011. p. 1-4.
- ZIMMER, T. Qoc: Quality of context-improving the performance of context-aware applications. **Advances in Pervasive Computing**, v. 207, p. 7–10, 2006a.
- ZIMMER, T. Quality of Context : Handling Context Dependencies. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PERSONALIZED CONTEXT MODELING AND MANAGEMENT FOR UBIComp APPLICATIONS (UBIPCMM06). **Proceedings...** 2006b. p. 1-9.

APÊNDICE A – LISTA DE PUBLICAÇÕES

Este apêndice lista as publicações realizadas ao longo da pesquisa deste trabalho de tese entre os anos de 2011 a 2014. Lista ainda algumas submissões de 2015 em processo de avaliação por eventos e periódico até a entrega desta tese. Optou-se em agrupá-las pelos tipos de publicações: Periódicos Internacionais e Nacionais, Eventos Internacionais, Nacionais e Regionais, Apresentações e Submissões em Avaliação. Ao final é apresentado um Quadro Resumo das Publicações.

A1. PERIÓDICOS INTERNACIONAIS:

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Context Management: Toward assessing Quality of Context parameters in a ubiquitous ambient assisted living environment. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 11, n. 3, p. 569–590, 2014a. **Qualis B1**

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Knowledge Engineering: Survey of Methodologies, Techniques and Tools. **Revista IEEE América Latina**, v. 12, p. 1546–1552, 2014b. **Qualis B1**

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Taxonomia das publicações sobre Qualidade de Contexto. **Sustainable Business International Journal**, v. 20, p. 1–28, 2012a. **Qualis B4**

A2. PERIÓDICOS NACIONAIS:

NAZÁRIO, D. C.; SILVA, P. F. DA; ROVER, A. J. Avaliação da qualidade da informação disponibilizada no portal da transparência do governo federal. **Revista Democracia Digital e Governo Eletrônico**, v. 6, p. 180–199, 2012. **Qualis B5**

NAZÁRIO, D. C.; ROTTA, M. J. R.; DANTAS, M. A. R. Técnicas de Engenharia do Conhecimento como apoio à Memória Organizacional. **Produção em Foco**, v. 2, p. 156–180, 2012a. **Qualis C**

A3. EVENTOS INTERNACIONAIS:

NAZÁRIO, D. C., et al. Toward Assessing Quality of Context Parameters in a Ubiquitous Assisted Environment. In: IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS - ISCC. **Proceedings...** Madeira, Portugal: 2014a. p. 1-6. **Qualis A2**

NAZÁRIO, D. C., et al. An Approach to Evaluating Quality of Context Parameters in an Ambient Assisted Living Environment. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER-BASED MEDICAL SYSTEMS - CBMS. **Proceedings...** New York, USA: 2014b. p. 515-516. **Qualis B1**

NAZÁRIO, D. C., et al. A Quality of Context Evaluating Approach in an Ambient Assisted Living e-Health System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-HEALTH NETWORKING, APPLICATIONS AND SERVICES - HEALTHCOM. **Proceedings...** 2014c. p. 103-108. **Qualis B4**

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Context Management by Evaluating Quality of Context. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI. **Proceedings...** Sao Paulo, SP: 2014c. p. 1724-1738. **Qualis B4**

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Representação de Conhecimento de Contexto e Qualidade de Contexto. In: JORNADA IBEROAMERICANA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE E INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO - JIISIC. **Proceedings...** Lima, Peru: 2012b. p. 95-102. **Qualis B4**

NAZÁRIO, D. C., et al. Semantic Portals as a support for Knowledge Management in organizations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI. **Proceedings...** São Paulo, SP: 2013. p. 3100-3119. **Qualis B4**

NAZÁRIO, D. C., et al. The acquisition process in knowledge engineering: extraction and elicitation techniques. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI **Proceedings...** São Paulo, SP: 2012. p. 499-517. **Qualis B4**

NAZÁRIO, D. C.; DANDOLINI, G. A.; SOUZA, J. A. DE. The strategic use of information technology to support the knowledge management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI. **Proceedings...** São Paulo, SP: 2012. p. 3220-3237. **Qualis B4**

A4. EVENTOS NACIONAIS:

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Ontologia de Contexto e Qualidade de Contexto. In: ONTOBRAS - VI SEMINAR ON ONTOLOGY RESEARCH IN BRAZIL. **Anais...** Belo Horizonte, MG: 2013. p. 179-184.

TODESCO, J. L., et al. Portais corporativos como ferramenta de apoio a gestão do conhecimento nas empresas. IN: XXII ENANGRAD - TEORIA GERAL DA ADMINISTRAÇÃO (TGA). **Anais...** São Paulo, SP, 2011. p. 1-17.

A5. EVENTOS REGIONAIS:

NAZÁRIO, D. C.; SELL, D.; GAUTHIER, F. O. A utilização de Portais Semânticos como apoio à Gestão do Conhecimento das Organizações. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO SUL - CONEPROSUL. **Anais...** Joinville, SC: 2012. p. 1-11.

NAZÁRIO, D. C.; ROTTA, M. J. R.; DANTAS, M. A. R. Utilização de técnicas da Engenharia do Conhecimento como apoio aos processos de Memória Organizacional. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO SUL - CONEPROSUL. **Anais...** Joinville, SC: 2012b. p. 1-12.

NAZÁRIO, D. C.; SILVA, P.; DANTAS, M. A. R. Mapeamento das Publicações Acadêmico-Científicas sobre Cloud Computing. In: COMPUTER ON THE BEACH. **Anais...** Florianópolis, SC: 2012. p. 201-210.

A6. APRESENTAÇÕES:

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R. Uma abordagem aprimorada para avaliação de Qualidade de Contexto aplicada a um ambiente assistido e-Health. In: 20º SEMINÁRIO DA RTCM - REDE TEMÁTICA DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS. Aveiro, Portugal. 2015. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R. Avaliação de Qualidade de Contexto em Ambiente Assistido. In: 17º SEMINÁRIO DA RTCM - REDE TEMÁTICA DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2013. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

NAZÁRIO, D. C.; MENEGAZZO C. CUIDA-CE: Computação Ciente de Contexto - CUIDA - Contexto Ubíquo Interno em Domicílios Assistidos CE – Contexto Externo via DTN. In: SEMANA DE COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA. INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – IFC – Videira, SC. 2013. (Apresentação de Trabalho / Palestra).

A7. ARTIGO ACEITO

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Quality of Context Knowledge Model based on Ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI - **Proceedings...** São Paulo, SP: 2015a. p. 1-22. **Qualis B4**

A7. SUBMISSÕES EM AVALIAÇÃO

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. Modelo de Conhecimento de Qualidade de Contexto para Ambientes Ubíquos baseado em Ontologia. **International Journal of Knowledge Engineering and Management - Em avaliação**, p. 1–23, 2015b. **Qualis B4**

NAZÁRIO, D. C.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. L. An Enhanced Quality of Context Evaluating Approach in an Ambient Assisted Living e-Health. In: IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS - ISCC - **Em avaliação. Proceedings...** 2015c. p. 1-7. **Qualis A2**

A8. ARTIGOS EM ELABORAÇÃO

Com base na pesquisa realizada nesta tese, dois artigos estão em fase de elaboração para serem submetidos aos seguintes Periódicos Internacionais:

- ACM Computing Surveys – **Qualis A1**
- Future Generation Computer System – **Qualis A2**

A9. RESUMO DAS PUBLICAÇÕES

Periódicos Internacionais			
Nome	Ano		Qualis
Journal of Information Systems and Technology Management - JISTEM	2014		B1
Revista IEEE América Latina	2014		B1
Sustainable Business International Journal	2012		B4
Periódicos Nacionais			
Nome	Ano		Qualis
Revista Democracia Digital e Governo Eletrônico	2012		B5
Produção em Foco	2012		C
Eventos Internacionais			
Nome	Ano	Local	Qualis
IEEE ISCC	2014	Madeira, Portugal	A2
IEEE CBMS	2014	New York, USA	B1
IEEE HEALTHCOM	2014	Natal, RN	B4
CONTECSI	2014	São Paulo, SP	B4
CONTECSI	2013	São Paulo, SP	B4
JISIC	2012	Lima, Peru	B4
CONTECSI (2 artigos)	2012	São Paulo, SP	B4

Eventos Nacionais			
Nome	Ano	Local	Qualis
Ontobras	2013	Belo Horizonte, MG	
ENANGRAD	2011	São Paulo, SP	
Eventos Regionais			
Nome	Ano	Local	Qualis
CONEPROSUL (2 artigos)	2012	Joinville, SC	
Computer on the Beach	2012	Florianópolis, SC	
Seminário / Palestra			
Nome	Ano	Local	Qualis
Seminário da RTCM (vídeo conferência)	2015	Aveiro, Porto	
Seminário da RTCM (vídeo conferência)	2013	Porto, Portugal	
Semana de Computação e Informática, IFC	2013	Videira, SC	
Artigo Aceito			
CONTECSI	2015	São Paulo, SC	B4

APÊNDICE B – ESCOPO DO PROJETO

ONTOLOGIA

Qualidade_de_Contexto

DOCUMENTO

Escopo do Projeto

(versão 1.0)

18-02-2014

Descrição:

O **propósito** desta Ontologia é modelar o conhecimento relacionado ao tema Qualidade de Contexto. Esta necessidade foi identificada devido à complexidade e diversidade de informações relacionadas a esta temática. Na fase inicial deste estudo, a revisão de literatura mostrou que os conceitos não estão consolidados. Um dos principais desafios desta área é a falta de uniformização de nomenclaturas, definições, quantificação e consequentemente de modelagem, o que dificulta o compartilhamento de informações de contexto e de QoC pela falta de um vocabulário comum.

Com o levantamento bibliográfico realizado, gerou-se uma taxonomia de QoC para uma organização inicial do conhecimento. Com base nesta taxonomia foi modelada a ontologia com o objetivo de uma melhor estruturação, organização e integração de conhecimento neste domínio, baseado na literatura.

Esta ontologia estará relacionada a ontologias de contexto, que podem conter informações de contexto de domínios diversos, como ambientes inteligentes, cuidados com a saúde, entretenimento, entre outros.

O **escopo** da ontologia está voltado a pesquisadores e/ou desenvolvedores do tema qualidade de contexto em diversos cenários da computação sensível ao contexto. Onde a ontologia poderá ser utilizada inicialmente para o entendimento deste tema baseado nos trabalhos da literatura, principalmente artigos de conferências e periódicos. Espera-

se que este conhecimento estruturado facilite bastante as próximas pesquisas na área.

Nesta etapa a ontologia não será utilizada no experimento com sensores, para isso será necessária uma ampliação da ontologia com configuração de sensores, regras de avaliação de QoC e inclusão dos resultados obtidos.

APÊNDICE C – PERGUNTAS DE COMPETÊNCIA

ONTOLOGIA

Qualidade_de_Contexto

DOCUMENTO

Perguntas de Competência

(versão 1.0)

18-02-2014

1) Como avaliar a QoC?

Termos Sugeridos: Avaliacao; Regra; Valor_QoC

Relações Sugeridas: e_avaliacao_de; e_valor_de;
tem_avaliacao; tem_valor

2) Como são medidos (quantificados) os parâmetros de QoC?

Termos Sugeridos: Metodo; Quantificacao; Referencia

Relações Sugeridas: e_quantificacao_de; e_referencia_de;
tem_quantificacao; tem_referencia

3) Em que referência bibliográfica se encontra informações a respeito de QoC?

Termos Sugeridos: Referencia

Relações Sugeridas: e_referencia_de; tem_referencia

4) Onde se pesquisa a respeito de QoC?

Termos Sugeridos: Instituicao; Pesquisador

Relações Sugeridas:

5) Quais são as aplicações de QoC?

Termos Sugeridos: Referencia; Tema_abordado

Relações Sugeridas: e_referencia_de; e_tema_abordado_de;
tem_referencia; tem_tema_abordado

6) Quais são os parâmetros sugeridos para medir QoC?

Termos Sugeridos: Definicao; Parametro; Referencia

Relações Sugeridas: e_definicao_de; e_parametro_de;
e_referencia_de; tem_definicao; tem_parametro;
tem_referencia

7) Qual a definição de QoC?

Termos Sugeridos: Definicao; QoC; Referencia

Relações Sugeridas: e_definicao_de; e_referencia_de;
tem_definicao; tem_referencia

8) Que cenários já foram utilizados com QoC?

Termos Sugeridos: Cenario; Referencia

Relações Sugeridas: e_cenario_de; e_referencia_de;
tem_cenario; tem_referencia

9) Que modelos são utilizados na representação de QoC?

Termos Sugeridos: Modelo_representacao; Referencia

Relações Sugeridas: e_modelo_representacao;
e_referencia_de; tem_modelo_representacao; tem_referencia

10) Que parâmetros de QoC são utilizados com mais frequência?

Termos Sugeridos: Parametro; Referencia

Relações Sugeridas: e_utilizado_por; utiliza

11) Quem são os pesquisadores que trabalham com o tema QoC?

Termos Sugeridos: Pesquisador; Referencia

Relações Sugeridas: e_pesquisador_de; e_referencia_de;
tem_pesquisador; tem_referencia

APÊNDICE D – VOCABULÁRIO COMPLETO

ONTOLOGIA

Qualidade_de_Contexto

DOCUMENTO

Vocabulário Completo

(versão 1.0)

18-02-2014

1) aborda_parametro

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia a classe Referencia à classe Parametro. Refere-se à abordagem de definição de parâmetro (teoricamente).

2) Agente

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que utilizam agentes.

3) Ambiente_inteligente

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam ambiente inteligente como cenário.

4) Avaliacao

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de regras de avaliação de QoC e seus parâmetros.

5) Casa

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Ambiente_inteligente que representa as instâncias de trabalhos que utilizam uma casa como cenário.

6) Cenario

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de cenários utilizados em trabalhos que tratam QoC.

7) Confiabilidade

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Seguranca que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões específicas de confiabilidade.

8) Conflito

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam problemas de conflito.

9) Controle_acesso

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Seguranca que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões específicas de controle de acesso.

10) data

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena a data de inserção de informação para a classe Valor.

11) Definicao

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de definições de determinado termo, baseado em algum autor da literatura.

12) Desastre

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam cenário de desastre.

13) descricao

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena a descrição de determinada classe.

14) Distribuicao_dados

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam a distribuição de dados.

15) e_abordado_por

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de aborda_parametro.

16) e_avaliacao_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_avaliacao.

17) e_cenario_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_cenario.

18) e_definicao_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_definicao.

19) e_modelo_representacao_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_modelo_representacao.

20) e_parametro_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_parametro.

21) e_pesquisador_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_pesquisador.

22) e_quantificacao_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_quantificacao.

23) e_referencia_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_referencia.

24) e_tema_abordado_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_tema_abordado.

25) e_utilizado_por

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de utiliza.

26) e_valor_de

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação inversa de tem_valor.

27) Inconsistencia

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam problemas de inconsistência.

28) instituicao

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena a instituição para a classe Pesquisador.

29) link

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena link para a classe Referencia.

30) Localizacao

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que tratam a localização no cenário abordado.

31) metodo

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena o método ou forma utilizada para quantificar um parâmetro ou QoC geral para a classe Quantificacao.

32) Modelo_representacao

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de modelos de representação utilizados em trabalhos que tratam QoC.

33) Multi_agente

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que utilizam multiagentes.

34) nome

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena o nome para a classe Pesquisador.

35) Notacao_grafica

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Modelo_representacao que representa as instâncias de trabalhos que utilizam notação gráfica como modelo de representação.

36) Ontologia

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Modelo_representacao que representa as instâncias de trabalhos que utilizam ontologia como modelo de representação.

37) Parametro

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de parâmetros de qualidade de contexto a serem avaliados.

38) Pesquisador

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de pesquisadores da área.

39) Privacidade

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Seguranca que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões específicas de privacidade.

40) QoC

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de Qualidade de Contexto a serem avaliadas.

41) Quantificacao

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de métodos de quantificação de parâmetros de QoC.

42) Referencia

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias com as informações de um item bibliográfico.

43) regra

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena a regra de avaliação de QoC para a classe Avaliacao.

44) Saude

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam cenário relacionado à saúde.

45) Seguranca

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Tema_abordado que representa as instâncias de trabalhos de QoC que tratam questões de segurança.

46) Sistema_reconhecimento

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Cenário que representa as instâncias de trabalhos que utilizam sistema de reconhecimento em seu cenário.

47) Tema_abordado

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de temas abordados em trabalhos que tratam QoC.

48) tem_avaliacao

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia as classes: Parametro e QoC à classe Avaliacao.

49) tem_cenario

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia a classe QoC à classe Cenario.

50) tem_definicao

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia as classes: Parametro e QoC à classe Definicao.

51) tem_modelo_representacao

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia a classe QoC à classe Modelo_representacao.

52) tem_parametro

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia a classe QoC à classe Parametro.

53) tem_pesquisador

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia a classe Referencia à classe Pesquisador.

54) tem_quantificacao

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia as classes: Parametro e QoC à classe Quantificacao.

55) tem_referencia

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia as classes: Definicao, Quantificacao, Cenario, Modelo_representacao e Tema_abordado à classe Referencia.

56) tem_tema_abordado

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia a classe QoC à classe Tema_abordado.

57) tem_valor

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia as classes: Parametro e QoC à classe Valor.

58) Thing

Tipo: Classe

Descrição: Classe raiz de todas as classes da ontologia.

59) UML

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Modelo_representacao que representa as instâncias de trabalhos que utilizam UML como modelo de representação.

60) utiliza

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Relação que mapeia a classe Referencia à classe Parametro.

61) Valor

Tipo: Classe

Descrição: Classe que representa as instâncias de valores de QoC e seus parâmetros.

62) valor_qoc

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade de Dados que armazena o valor de QoC para a classe Parametro e QoC.

63) Veiculo

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Ambiente_inteligente que representa as instâncias de trabalhos que utilizam um veículo como cenário.

64) XML

Tipo: Classe

Descrição: Subclasse de Modelo_representacao que representa as instâncias de trabalhos que utilizam XML como modelo de representação.

APÊNDICE E – HIERARQUIA DE CLASSES

ONTOLOGIA

Qualidade_de_Contexto

DOCUMENTO

Hierarquia de Classes

(versão 1.0)

18-02-2014

1) Agente

Sub-Classes:

2) Ambiente_inteligente

Sub-Classes: Casa; Veiculo

3) Avaliacao

Sub-Classes:

4) Casa

Sub-Classes:

5) Cenario

Sub-Classes: Ambiente_inteligente; Desastre; Localizacao;
Saude; Sistema_reconhecimento

6) Confiabilidade

Sub-Classes:

7) Conflito**Sub-Classes:****8) Controle_acesso****Sub-Classes:****9) Definicao****Sub-Classes:****10) Desastre****Sub-Classes:****11) Distribuicao_dados****Sub-Classes:****12) Inconsistencia****Sub-Classes:****13) Localizacao****Sub-Classes:****14) Modelo_representacao****Sub-Classes:** Notacao_grafica; Ontologia; UML; XML**15) Multi_agente****Sub-Classes:****16) Notacao_grafica****Sub-Classes:**

17) Ontologia**Sub-Classes:****18) Parametro****Sub-Classes:****19) Pesquisador****Sub-Classes:****20) Privacidade****Sub-Classes:****21) QoC****Sub-Classes:****22) Quantificacao****Sub-Classes:****23) Referencia****Sub-Classes:****24) Saude****Sub-Classes:****25) Seguranca****Sub-Classes:** Confiabilidade; Controle_acesso; Privacidade**26) Sistema_reconhecimento****Sub-Classes:**

27) Tema_abordado

Sub-Classes: Agente; Conflito; Distribuicao_dados;
Inconsistencia; Multi_agente; Seguranca

28) Thing

Sub-Classes: Avaliacao; Cenario; Definicao;
Modelo_representacao; Parametro; Pesquisador; QoC;
Quantificacao; Referencia; Tema_abordado; Valor

29) UML

Sub-Classes:

30) Valor

Sub-Classes:

31) Veiculo

Sub-Classes:

32) XML

Sub-Classes:

APÊNDICE F – DICIONÁRIO DE CLASSES

ONTOLOGIA

Qualidade_de_Contexto

DOCUMENTO

Dicionário de Classes

(versão 1.0)

18-02-2014

1) Agente

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

2) Ambiente_inteligente

Propriedades: [Cenario] descricao

Relações: [Cenario] tem_referencia; [Cenario] e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

3) Avaliacao

Propriedades: regra

Relações: e_avaliacao_de

Restrições:

Instancias:

4) Casa

Propriedades: [Cenario] descricao

Relações: [Cenario] tem_referencia; [Cenario] e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

5) Cenario

Propriedades: descricao

Relações: tem_referencia; e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

6) Confiabilidade

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

7) Conflito

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

8) Controle_acesso

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

9) Definicao

Propriedades: descricao

Relações: tem_referencia; e_definicao_de

Restrições:

Instancias:

10) Desastre

Propriedades: [Cenario] descricao

Relações: [Cenario] tem_referencia; [Cenario] e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

11) Distribuicao_dados

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

12) Inconsistencia

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

13) Localizacao

Propriedades: [Cenario] descricao

Relações: [Cenario] tem_referencia; [Cenario] e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

14) Modelo_representacao**Propriedades:** descricao**Relações:** tem_referencia; e_modelo_representacao_de**Restrições:****Instancias:****15) Multi_agente****Propriedades:** [Tema_abordado] descricao**Relações:** [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de**Restrições:****Instancias:****16) Notacao_grafica****Propriedades:** [Modelo_representacao] descricao**Relações:** [Modelo_representacao] tem_referencia; [Modelo_representacao] e_modelo_representacao_de**Restrições:****Instancias:****17) Ontologia****Propriedades:** [Modelo_representacao] descricao**Relações:** [Modelo_representacao] tem_referencia; [Modelo_representacao] e_modelo_representacao_de**Restrições:****Instancias:****18) Parametro****Propriedades:** descricao**Relações:** tem_quantificacao; tem_definicao; tem_avaliacao; e_parametro_de; e_utilizado_por; tem_valor; e_abordado_por**Restrições:****Instancias:**

19) Pesquisador

Propriedades: nome; instituicao

Relações: e_pesquisador_de

Restrições:

Instancias:

20) Privacidade

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

21) QoC

Propriedades: descricao

Relações: tem_parametro; tem_cenario; tem_quantificacao; tem_definicao; tem_avaliacao; tem_tema_abordado; tem_modelo_representacao; tem_valor

Restrições:

Instancias:

22) Quantificacao

Propriedades: metodo

Relações: tem_referencia; e_quantificacao_de

Restrições:

Instancias:

23) Referencia

Propriedades: descricao; link

Relações: tem_pesquisador; e_referencia_de; utiliza; aborda_parametro

Restrições:

Instancias:

24) Saude

Propriedades: [Cenario] descricao

Relações: [Cenario] tem_referencia; [Cenario] e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

25) Seguranca

Propriedades: [Tema_abordado] descricao

Relações: [Tema_abordado] tem_referencia; [Tema_abordado] e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

26) Sistema_reconhecimento

Propriedades: [Cenario] descricao

Relações: [Cenario] tem_referencia; [Cenario] e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

27) Tema_abordado

Propriedades: descricao

Relações: tem_referencia; e_tema_abordado_de

Restrições:

Instancias:

28) Thing

Propriedades:

Relações:

Restrições:

Instancias:

29) UML

Propriedades: [Modelo_representacao] descricao

Relações: [Modelo_representacao] tem_referencia;
[Modelo_representacao] e_modelo_representacao_de

Restrições:

Instancias:

30) Valor

Propriedades: data; valor_qoc

Relações: e_valor_de

Restrições:

Instancias:

31) Veiculo

Propriedades: [Cenario] descricao

Relações: [Cenario] tem_referencia; [Cenario] e_cenario_de

Restrições:

Instancias:

32) XML

Propriedades: [Modelo_representacao] descricao

Relações: [Modelo_representacao] tem_referencia;
[Modelo_representacao] e_modelo_representacao_de

Restrições:

Instancias:

APÊNDICE G – CÓDIGO FONTE – LEITURA DE SENSORES

```

#include <Arduino.h>
#include <PinChangeInt.h>
#include <eHealth.h>

#define TEMPO 300000 // = 5 x 60000 milisegundos = 5 minutos

uint8_t cont = 0;
uint8_t time = 0;

void readPulsioximeter();

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  eHealth.initPulsioximeter();
  eHealth.initPositionSensor();

  //Attach the interuptions for using the pulsioximeter.
  PCIntPort::attachInterrupt(6, readPulsioximeter, RISING);
  delay(5000); // tempo para iniciar as leituras no Realterm
}

void loop() {
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Pulse,");
  Serial.print(eHealth.getBPM());
  Serial.print("\n");
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Oxygen,");
  Serial.print(eHealth.getOxygenSaturation());
  Serial.print("\n");
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Position,");
  Serial.print(eHealth.getBodyPosition());
  Serial.print("\n");
  Serial.print(time);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Temperature,");
  float temperature = eHealth.getTemperature();
  Serial.print(temperature, 2);

```

```
Serial.print("\n");  
time++;  
delay(TEMPO);  
}
```

```
//Include always this code when using the pulsioximeter sensor
```

```
//=====
```

```
=====
```

```
void readPulsioximeter() {
```

```
    cont++;
```

```
    if (cont == 50) { //Get only one of 50 measures to reduce the latency
```

```
        eHealth.readPulsioximeter();
```

```
        cont = 0;
```

```
    }
```

```
}
```

APÊNDICE H – CÓDIGO FONTE – LEITURA DE SENSOR PRESSÃO

```

#include <Arduino.h>
#include <PinChangeInt.h>
#include <eHealth.h>

void setup() {
  eHealth.readBloodPressureSensor();
  Serial.begin(115200);
  delay(100);
  Serial.print("\n");
}

void loop() {

  uint8_t numberOfData = eHealth.getBloodPressureLength();
  delay(100);

  for (int i = 0; i<numberOfData; i++) {
    // The protocol sends data in this order
    //Date hour
    Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].day);
    Serial.print("/");

Serial.print(eHealth.numberToMonth(eHealth.bloodPressureDataVector[i].month));
    Serial.print("/");
    Serial.print(2000 + eHealth.bloodPressureDataVector[i].year);
    Serial.print(" ");
    if (eHealth.bloodPressureDataVector[i].hour < 10) {
      Serial.print(0); // Only for best representation.
    }
    Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].hour);
    Serial.print(F(":"));
    if (eHealth.bloodPressureDataVector[i].minutes < 10) {
      Serial.print(0); // Only for best representation.
    }
    Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].minutes);
    Serial.print(",");
    // Systolic
    Serial.print("Systolic");
    Serial.print(",");
    Serial.print(30+eHealth.bloodPressureDataVector[i].systolic);
    Serial.print("\n");
  }
}

```

```
// Date hour
Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].day);
Serial.print("/");
```

```
Serial.print(eHealth.numberToMonth(eHealth.bloodPressureDataVector[i].month));
```

```
Serial.print("/");
Serial.print(2000 + eHealth.bloodPressureDataVector[i].year);
Serial.print(" ");
if (eHealth.bloodPressureDataVector[i].hour < 10) {
  Serial.print(0); // Only for best representation.
}
Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].hour);
Serial.print(F(":"));
if (eHealth.bloodPressureDataVector[i].minutes < 10) {
  Serial.print(0); // Only for best representation.
}
Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].minutes);
Serial.print(",");
// Diastolic
Serial.print("Diastolic");
Serial.print(",");
Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].diastolic);
Serial.print("\n");
```

```
// Date hour
Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].day);
Serial.print("/");
```

```
Serial.print(eHealth.numberToMonth(eHealth.bloodPressureDataVector[i].month));
```

```
Serial.print("/");
Serial.print(2000 + eHealth.bloodPressureDataVector[i].year);
Serial.print(" ");
if (eHealth.bloodPressureDataVector[i].hour < 10) {
  Serial.print(0); // Only for best representation.
}
Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].hour);
Serial.print(F(":"));
if (eHealth.bloodPressureDataVector[i].minutes < 10) {
  Serial.print(0); // Only for best representation.
}
Serial.print(eHealth.bloodPressureDataVector[i].minutes);
Serial.print(",");
```

```
// Pulse
Serial.print("Pulse");
Serial.print(",");
Serial.println(eHealth.bloodPressureDataVector[i].pulse);
//Serial.print("\n");
}
delay(15000); // 15 segundos
}
```