

Adaptação apoiada por Composição de Serviços em Ambientes Ubíquos Sensíveis ao Contexto

Alencar Machado^{1 2}

Orientador: José Palazzo Moreira de Oliveira¹

Resumo: Com o aumento da estimativa de vida populacional está se evidenciando a necessidade de aplicações inteligentes que possam auxiliar o cidadão na sua vida diária. Ambientes para vivência assistida estão surgindo como uma opção para a geração destas aplicações, estes ambientes devem ter a tecnologia como aliado do cidadão, facilitando e auxiliando em questões de preferências e urgências médicas. Aplicações com o propósito de assistir o cidadão em seu ambiente de vivência buscam detectar situações de interesse para tomar ações proativas em nome do cidadão. Estas adaptações do ambiente frente a situações detectadas são feitas através dos serviços que este ambiente fornece. Este trabalho aborda a concepção de sistemas inteligentes para auxílio às atividades diárias, bem como monitoramento para inferência de situações críticas de saúde, assim buscando identificar qual o serviço certo, no momento certo, para a pessoa certa, frente a situações detectadas, assim adaptando o ambiente frente às necessidades do cidadão.

¹ Instituto de Informática, UFRGS, Caixa Postal 9999
{amachado, palazzo@inf.ufrgs.br}

² Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM
{alencar.ufsm@gmail.com}

1 Introdução

Atualmente está se evidenciando o envelhecimento da população (IBGE, 2008), somado a este fato, com a atual característica do mundo moderno, onde as pessoas por algum motivo se isolam do convívio social, ou devido a não ter constituído família quando mais jovem, ou devido a seus filhos trabalharem geograficamente distantes, existe uma tendência de viver sozinho ao envelhecer.

Doenças decorrentes do envelhecimento ou menos facilidade de executar atividades diárias individualmente tornam pessoas com diminuição cognitiva mais propensa a situações de risco em atividades diárias básicas. Ambientes Inteligentes podem ajudar a melhorar a qualidade de vida na residência provendo assistência (semi) automatizada as pessoas que nela residem. Ambientes Inteligentes são dotados de tecnologias Ubíquas, procurando a permanência da tecnologia de forma não intrusiva no ambiente do cidadão, fornecendo possibilidades para este ambiente se moldar as suas preferências e permitindo sua mobilidade. Tais características da Computação Ubíqua trazem inúmeros desafios na gerência de ambientes inteligentes dotados de dispositivos (sensores) com tecnologias heterogêneas, sendo assim buscar identificar as situações vivenciadas pelos cidadãos em determinados contextos pode ajudar na sua vida diária.

Prover sistemas sensíveis ao contexto em Ambientes de Vivência Assistida (*Ambient Assisted Living*) torna estes mais inteligentes e adequados às necessidades do cidadão (com diminuição da capacidade cognitiva). Identificar a atual situação do cidadão em diferentes contextos ajuda à adaptação do ambiente as características individuais deste. Ambientes Inteligentes para cuidados contínuos devem adaptar-se as necessidades do paciente. O desafio é tornar a tecnologia computacional existente no ambiente adaptável de acordo com um usuário em constante mobilidade, que muda de contexto a todo instante.

Para que todas as características/fatores sejam identificados por um sistema sensíveis à situação em um *Ambient Assisted Living* Residencial (*Smart Home*), torna-se necessário a modelagem destes ambientes. Um sistema adaptativo deve estar ciente da ocorrência de determinados eventos e mudanças contextuais, reagindo adequadamente. Modelar o contexto existente e assim inferir situações de emergências torna o ambiente mais seguro, podendo aumentar a qualidade de vida do cidadão. Para tal, é necessário formalizar os modelos identificados. Trabalhos de pesquisa (STRANG, LINNHOF-POPIEN, 2004; MOORE et. al., 2007; BETTINIA et. al., 2010) demonstram que a utilização de ontologias para modelar o contexto e representar o conhecimento existente, facilita o processamento (semi) automático das situações, além de distribuição deste modelo para outras residências de uma forma genérica.

Neste trabalho é apresentado um modelo conceitual para determinar a visão do mundo (ambiente residencial ubíquo) por aplicações inteligentes, assim provendo possíveis ações para moldar o ambiente de acordo com os fatos evidenciados. Para tal, é proposto um protótipo de arquitetura orientada a serviços para gerenciamento de contexto e inferência de situações de emergências em um ambiente ubíquo residencial. Foi implementado um

subsistema de gerenciamento de contexto e adaptação para detecção de situações emergenciais, também foi implementado um subsistema de gerenciamento de serviços, assim sendo possível adaptação do ambiente, ou mesmo, possíveis chamadas a agentes externos (provedores de saúde).

Este trabalho está estruturado da seguinte forma, no capítulo 2 são abordados os temas de pesquisa que este trabalho se baseia, assim apresentando os conceitos necessários para o entendimento dos capítulos seguintes. O capítulo 3 apresenta as ideias desenvolvidas ao longo deste trabalho, assim apresentando os modelos construídos, bem como a arquitetura proposta, por fim são apresentadas as conclusões e as referências logo após o capítulo 4, o qual apresenta um estudo de caso no formato de uma situação problema para a detecção de situações críticas pelo sistema residencial.

2 Background

Este capítulo está dividido em cinco seções. A primeira seção apresenta brevemente Ambientes de Vivência Assistida, focando em *Smart Homes*. Em seguida é apresentada a computação ubíqua, mas especificamente Contexto (sensibilidade, modelagem e raciocínio), bem como a utilização de ontologias para sua formalização, tema central desta pesquisa, seguindo é abordada a Orientada a Serviços devido as suas características de fornecer serviços auto contidos, essenciais para um ambiente residencial impregnado de sensores e dispositivos que podem fornecer algum serviço para possível adaptação do ambiente.

2.1 Ambientes de Vivência Assistida

Nos últimos anos a população mundial tem envelhecido consideravelmente, trazendo uma gama de desafios para a inclusão deste perfil de pessoas. Problemas relacionados com saúde e interação social são os mais citados e precisão de uma atenção urgente. Estas situações pedem por novas soluções para prover independência, qualidade de vida e um envelhecimento mais ativo aos cidadãos. Novas áreas de pesquisa estão surgindo no campo da ciência da computação buscando aumentar a acessibilidade e qualidade de vida do cidadão, uma destas áreas são Ambientes de Vivência Assistida.

Segundo ERCIM (2011) Ambiente de Vivência Assistida (*Ambient Assisted Living – AAL*) abrangem conceitos de interoperabilidade, produtos e serviços, que combinam novas tecnologias de informação, comunicação e ambiente social para prover aumento da qualidade de vida em todos os estágios do ciclo de vida. AAL pode ser mais bem entendida como um sistema de assistência para independência de vida que se caracteriza pelas diferentes habilidades de seus usuários. AAL também deve adaptar-se a heterogeneidade dos dispositivos (televisão, aparelho de som, geladeiras, lâmpadas, celular, entre outros) aos qual o usuário pode vir a interagir com o ambiente, ou mesmo o ambiente ter a possibilidade de se adaptar as características do cidadão, assim devendo prover interfaces gráficas amigáveis para estes dispositivos, devendo também levar em conta as deficiências de pessoas idosas (visão, audição, mobilidade, entre outros).

Entre tecnologias que permitem AAL, soluções na área de *Smart Homes* levam a modelagem de sensores, serviços, reconhecimento de atividades, detecção de situações. Segundo (CHEN, L; NUGENT, C.D; MULVENNA, M; 2009) *Smart Homes* (SH) tem emergido como principal abordagem para permitir o uso de tecnologias em ambientes de vivência assistida para facilitar a independência de vida. SH são ambientes equipados com sensores, atuadores e dispositivos, permitindo que idosos ou pessoas com diminuição da capacidade cognitiva sejam monitorados/auxiliados por profissionais e provedores de saúde. Sistemas de monitoramento em *Smart Homes* são tecnologias inteligentes capazes de seguir o cidadão em suas atividades diárias, assim prevendo monitoramento dos riscos a saúde ou segurança, podendo emitir alerta para familiares ou provedores de saúde quando situações específicas ocorrem (ERCIM, 2011).

Segundo Paganelli and Giuli (2011) *Smart Home* pode ser visto como um micro-ecossistema que consiste usualmente nas seguintes características: (a) um ambiente com vários equipamentos físicos e peças da mobília, aparelhos eletro/eletrônicos e salas provendo espaços de vivência; (b) habitantes que realizam várias atividades dentro do ambiente; (c) sensores, atuadores e dispositivos médicos identificam e atuam no ambiente para adaptação ao comportamento dos habitantes; (d) atores incluem recursos assistidos (profissionais da saúde e membros da família), serviços de *middlewares* ou aplicações respondendo a eventos e situações. O núcleo para AAL são as tradicionais *tecnologias assistidas* para pessoas com diminuição da capacidade cognitiva, projetando para todas as abordagens de acessibilidade, usabilidade e aceitabilidade para interfaces interativas, bem como no emergente paradigma de ambientes inteligentes, formam um não obstrutivo e ubíquo assistente para pessoas idosas e cidadãos em geral.

Saúde personalizada centrada no cidadão tem um grande potencial para permitir qualidade de vida para as pessoas em suas residências. (CHEN, L; NUGENT, C.D; MULVENNA, M; 2009), provendo serviços de orientação e conscientização para independência de vida, em relação à mobilidade, planejamento de rotas, orientação e encaminhamento inteligente em ambientes *indoor* e *outdoor*, especificamente edifícios públicos e hospitais, museus, escritórios de trabalho e shopping, bem como, transporte publico (ERCIM, 2011).

2.2 Computação Ubíqua

Mark Weiser (1991) visualizou que no futuro se estaria vivendo em um mundo repleto de sensores espalhados através dos mais simples objetos, como xícaras, canetas, roupas, janelas, etc. A Computação Ubíqua, proposta por ele, leva em consideração que o ambiente computacional não deve impor restrições ao usuário para utilizá-lo (WEISER, 1991). Assume que (i) é necessário existir um ambiente computacional invisível e transparente, com métodos intuitivos para que o usuário possa interagir com a computação sem precisar utilizar de conhecimentos da área, como ocorre hoje; (ii) o ambiente deve identificar quem (usuário) está inserido neste, e assim propor recursos para atendê-lo de forma personalizada.

Considerando a tendência da tecnologia, pode-se prever que, no futuro, o cidadão estará sendo auxiliado por uma computação invisível e onipresente, onde todos os lugares estarão repletos de dispositivos de interação real-virtual dos mais variados tipos. É um ambiente reverso ao da Realidade Virtual (real é projetado no virtual), pois na Computação Ubíqua, o virtual é projetado no real, auxiliando as pessoas em seu dia-a-dia, com uma computação adaptada ao contexto do usuário. Hoje, entretanto, é preciso se focar no desenvolvimento de um modelo, pois as tecnologias existentes não suprem as necessidades para o desenvolvimento integral destes espaços pervasivos (AUGUSTIN et. al., 2006).

Com a disponibilização de infra-estrutura de redes de sensores sem fio e de longa distância, vários sistemas e protótipos têm sido desenvolvidos por pesquisadores a fim de demonstrar como este novo paradigma pode beneficiar aplicações específicas, como saúde e emergências (*smart hospital*), casa virtual (*smart home*), educação (*pervasive learning*), entretenimento e segurança de residências (*home security*) (Augustin et. al., 2006). O principal foco para aumentar a dinamicidade e inteligência das aplicações em um ambiente Ubíquo concentra-se em pesquisa com contexto (sensibilidade, modelagem, raciocínio).

2.2.1 Sensibilidade ao Contexto

O contexto é um momento no (fatia do) tempo no qual as coisas (objetos) concretas e/ou abstratas existem com alguma finalidade e interação para um objetivo em comum. Identificar as situações existentes em um ambiente de vivência assistida gera a possibilidade do ambiente se adaptar as diversas características existentes no contexto.

Conhecer os fatos que rodeiam o usuário em um ambiente faz com que as aplicações possam interagir e agir mais proveitosamente em prol deste. A aplicação deve ser ciente (sensível) do contexto, adaptando-se automaticamente às mudanças no ambiente e às necessidades correntes do usuário, sem exigir sua atenção. Tais aplicações devem explorar características do ambiente como localização do usuário, pessoas próximas, hora do dia, entrou outros, assim fornecendo informações adequadas à situação ou atividade.

Uma das principais áreas de pesquisa dentro da Computação Ubíqua é a Computação Sensível ao Contexto (*context-aware computing*), a qual define uma área de pesquisa, relativamente recente, que possui aplicações em diferentes cenários computacionais e que apresenta desafios de implementação importantes, os quais têm sido alvo da atenção de pesquisadores provenientes de diferentes partes do mundo. Como o termo contexto é muito amplo em seu significado, torna-se necessário defini-lo. Dey and Abowd (2006) definem o contexto como qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, lugar ou objeto que é considerado relevante para interação entre o usuário e a aplicação, incluindo, o próprio usuário e a aplicação. Um sistema é sensível ao contexto se este usa o contexto para prover informações relevantes e/ou serviços para o usuário, onde relevante depende da tarefa do usuário (DEY and ABOWD, 2006).

Para que a aplicação consiga raciocinar (gerar conhecimento) atualizado sobre o ambiente e conseqüentemente, identificar a situação do cidadão inserido neste, a principal forma de coleta dos dados ambientais é os sensores, porém estes fornecem dados brutos e

sem semântica (agregação) para geração de informação. Sendo assim, torna-se necessário a modelagem do contexto ambiental, procurando identificar as “coisas” (objetos concretos ou abstratos) existentes que influenciem a geração de informação baseados nos dados brutos coletados pelos sensores.

2.2.2 Modelagem de Contexto

A tarefa de pensar sobre um domínio para conseguir entendê-lo e posteriormente comunicar-se sobre este, leva a geração de modelos, onde temos que modelos são abstrações da realidade com certa conceituação, ou ainda, é a representação da realidade destinada a um propósito definido. Os modelos devem extrair a essência dos fenômenos do mundo buscando uma representação genérica, abstrata e simplificada da realidade. As **abstrações** são feitas em termos de **conceitos**, i.e., representações de certos aspectos das entidades que existem no domínio (GUIZZARDI, 2005).

Um dos principais motivos pelo qual se torna necessário à geração de modelos para um sistema ubíquo é devido a este ser altamente complexo, levando em consideração que a capacidade humana (inteligência) tem um limite de racionalidade (HERBERT SIMON; 1991), gerar modelos para aumentar a abstração auxiliam no entendimento destes ambientes. Modelar o contexto para identificar as coisas (objetos físicos ou abstratos) que existem no ambiente é uma tarefa indispensável para o desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto.

Existe um crescente interesse no uso de sensibilidade ao contexto e técnicas para o desenvolvimento de aplicações que sejam flexíveis, adaptáveis e capazes de agir automaticamente em nome do usuário (pró-atividade). Segundo Henricksen (et al. 2005), a modelagem de contexto é um elemento central na construção desses sistemas. Define tipos, nomes, propriedades e atributos de todas as entidades que são relevantes para a aplicação. O grau de refinamento e sensibilidade do modelo determina a “percepção do ambiente” pela aplicação. O modelo deve somente representar as entidades e relacionamentos relevantes. O modelo de contexto deve suportar múltiplas representações do mesmo contexto, em diferentes formas e em diferentes níveis de abstrações, devendo também ser capaz de capturar o relacionamento existente entre representações alternativas do contexto, assim podendo ser vista com um tipo de representação do conhecimento.

Pesquisas recentes no campo da sensibilidade ao contexto trazem uma abordagem predominantemente centrada em infra-estrutura (HENRICKSEN; INDULSKA; 2006), devido à complexidade na construção de aplicações sensíveis ao contexto. Através da utilização de infraestrutura se é capaz de coletar, gerir e disseminar informações de contexto para as aplicações que necessitam. Estas pesquisas têm desenvolvido *frameworks* para integrar um conjunto de modelagens bem definidas de contexto e abstrações de programação com o suporte infra estrutural. Nas propostas de modelagem é comum encontrar uma abordagem baseada em objetos, na qual informações de contexto são estruturadas em torno de um conjunto de entidades, as quais descrevem fisicamente ou conceitualmente cada objeto, como pessoas e seus relacionamentos. Propriedades de contexto, tal como nomes de

peças, são representados como atributos. Uma entidade é ligada a um atributo e a outras entidades como um relacionamento unidirecional, conhecido como associação (HENRICKSEN et al. 2002). Estas associações descrevem as dependências entre os elementos de contexto, construindo as relações que proverão informações agregadas.

A pesquisa de Strang and C.L-Popien (2005) demonstra que Sistemas para Computação Ubíqua fazem grandes exigências, em qualquer abordagem de modelagem de contexto, em termos de composição distribuída (dc), validação parcial (pv), riqueza e qualidade de informação (qua), incompletude e ambiguidade (inc), nível de formalismo (for) e aplicabilidade para ambientes existentes (app).

Atualmente, existem alguns modelos propostos para representação de contexto, os quais foram utilizados em pesquisas acadêmicas, como o modelo de pares chave-valor, que consiste de um índice para um valor específico (tabela hash), esquemas de marcação como o CC/PP que é estruturada através do *Framework* de Descrição de Recursos (RDF), (W3C, 2007) as informações do contexto, modelos gráficos baseados em ORM (Object Role Modeling), e UML (Unified Modeling Language) com por exemplo CMP (*Context UML Profile*) que utiliza o *Context Modelling Language* (CML), proposto por Henricksen e Indulska (2006) e os modelos baseados em ontologias, como por exemplo a proposta SOUPA (CHEN et. al, 2004) para modelagem de contexto em ambientes pervasivos, e CONON (ZHANG et. al, 2005),

Strang and C.L-Popien (2005) realizaram uma pesquisa comparativa entre os modelos. A tabela 1 mostra este comparativo através dos requisitos levantados para uma abordagem de contexto.

**Tabela 1: Comparação entre os de contexto
(STRANG and C.L-POPIEN, 2005)**

<i>Abordagens requisitadas</i>	dc	pv	qua	inc	for	app
Chave Valor	-	-	-	-	-	*
Esquema Marcação	*	*	-	-	*	*
Orientado a Objetos	*	*	*	-	*	*
Baseado em Lógica	*	-	-	-	*	-
Gráfico	-	-	*	-	*	*
Baseado em Ontologias	*	*	*	*	*	*

Como demonstrado por Strang and C.L-Popien (2005), a modelagem baseada em ontologias atingiu a maior satisfação dentre os requisitos elencados. Nele, utilizam-se as principais formas de modelar o contexto, as quais contemplam o maior número de requisitos.

2.3 Semântica de Contexto

Devido à capacidade humana ter um limite de raciocínio frente à complexidade do mundo (HERBERT SIMON, 1991), o ser humano desde os primórdios busca artifícios para melhor compreender e se comunicar frente a essas características. Desta forma, se utiliza de

simbologia para se expressar. Busca tentar organizar mentalmente um domínio de interesse para após, tentar representar este em algum formato comunicativo para outros indivíduos. Desta forma buscando representar simbolicamente um domínio para auxiliar a compreender melhor este, bem como para melhorar e facilitar a comunicação deste domínio. Essa tarefa de gerar mentalmente artefatos abstratos sobre um domínio de interesse e posteriormente representa-lo, leva ao proposto triangulo de Ullmann (figura 1).

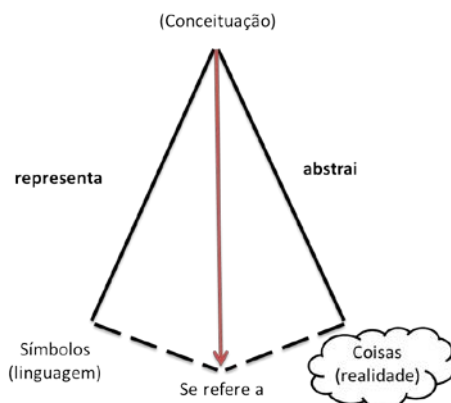


Figura 1: Adaptado de (Ullmann, 1972 apud Guizzardi, 2005)

Ele é composto por três partes principais que se relacionam. Onde uma **conceituação** são representações abstratas de fenômenos que existem no mundo e estão na mente das pessoas. Estas conceituações são representadas através de **símbolos de uma linguagem**, que por sua vez, se refere a **coisas reais do mundo**. A ligação entre os símbolos de uma linguagem e a realidade sempre é intermediada por uma conceituação, desta forma, são as pessoas que colocam significado aos símbolos e os referenciam com a realidade.

Sendo assim, o principal desafio na concepção de sistemas inteligentes que identificam o contexto e sejam sensíveis a uma situação, está em conseguir representar estas conceituações que são entendíveis facilmente por seres humanos serem entendíveis (processada) em um mesmo nível semântico pelas máquinas. Guarino (1998) destaca que somente uma conceituação compartilhada (fruto da comunicação humana) sobreposta aos modelos conceituais pode diminuir a distância entre a conceituação existente na mente humana e as máquinas, assim podendo dotar estas de conhecimento para geração de sistemas inteligentes sensíveis ao contexto. Sendo assim, **Ontologias** poderiam especificar tal conceituação.

A palavra ontologia na filosofia significa “o estudo da existência” onde se originou, esta estuda a existência do ser enquanto ser. Tem como um dos principais trabalhos o sistema de categorias e metafísica de Aristóteles. Na computação, ontologias são utilizadas para dotar os sistemas de meta-conhecimento, assim buscando fazer com que os atuais sistemas computacionais possam ser inteligentes, dotando estes de maior entendimento sobre o domínio que devem interagir, dando por vezes a capacidade de raciocínio.

Segundo Gruber (1993) ontologias é uma especificação explícita de uma conceituação. Borst (1997) derivou essa definição descrevendo ontologias como uma “especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada”, onde uma conceituação compartilhada significa que os conceitos existentes devem ser compartilhados (acordados) por um grupo de pessoas ou uma comunidade. Explícita significa que todos os conceitos existentes devem aparecer explicitamente dentro da ontologia para minimizar a ambiguidade da interpretação da ontologia. Formal remete a formalizar a conceituação explicitamente definida para que possa ser processada por máquinas.

A semântica de contexto utiliza ontologias para formalizar a representação do contexto frente os seus diversos estados. Nesta seção é abordada à modelagem semântica de contexto, uma vez identificada como sendo a forma mais expressiva de modelar o contexto para interpretação por máquinas, também é abordado o raciocínio deste contexto modelado para prover geração de conhecimento em alto nível, este sendo baseado na modelagem semântica apoiada por dados atualizados do ambiente (providos por sensores).

2.3.1 Modelagem Semântica de Contexto

A modelagem semântica de contexto utiliza ontologias para representação e raciocínio lógico, segundo Bettinia et al(2010) esta é utilizada por múltiplos propósitos: (i) para descrever um dado de contexto complexo que não pode ser representado por linguagens simples; (ii) para prover uma semântica formal para o dado de contexto, assim é possível tornar-se distribuída e/ou integrada ao contexto de diferentes fontes; (iii) para avaliar o raciocínio, através de ferramentas que checam tanto a consistência quanto o conjunto de relacionamentos descritos em um cenário, e mais importante, reconhecer que um determinado conjunto de dados básicos de contexto e suas relações na verdade, revelam a presença de uma caracterização mais abstrata de contexto.

Segundo .J. Ye, G. Stevenson, and S. Dobson (2011) modelagem semântica obtém dos dados muitas características que não estão disponíveis de outra forma, assim permitem (i) que os dados sejam interoperáveis, acessível e transmitidos para ambos os níveis de intra e inter instituições baseados na aceitação comum do *schema* ontológico, (ii) permitem que esses dados sejam facilmente compreendidos e processados por humanos e máquinas (agentes de softwares) e (iii) disponibilizam suporte ao raciocínio e inferência a dados semânticos pela incorporação de regras, assim resultando em aumento da expressividade.

A escolha do formalismo na modelagem de informações de contexto baseados em ontologias é tipicamente vinculada à linguagem *Ontology Web Language – Description Language (OWL-DL)* ou algumas de suas variações, uma vez que ela está se tornando um padrão para vários domínios de aplicação e é suportada por um grande número de servidores de raciocínio. A linguagem define classes, indivíduos, características de indivíduos (propriedades *datatype*), e relacionamentos entre indivíduos (propriedades dos objetos)(BETTINIA et al. 2010)

Estas questões fazem a modelagem semântica responsável pela flexibilidade e manipulação da complexidade, assim permitindo muitos avanços na capacidade de processamento, tais como processamento automatizado, descoberta de conhecimento e cenários novos para aplicações, tais como distribuição, reuso, integração e assistência sensível à situação. Muitos desenvolvedores se concentram na modelagem específica de propriedades e estruturas internas de conceitos em domínios individuais, tais como localização, pessoas e entidades computacionais ignorando a semântica comum que os fundamentam. Assim ficando em nível de aplicação a tarefa de engenharia para um grande domínio do conhecimento, o qual pode ser diminuída através de uma abordagem uniforme em alto nível, bem como para completar tarefas de detecção da inconsistência de contexto, configuração de novas atividades, customização do comportamento das aplicações (YE, J; STEVENSON, G; DOBSON, S; 2011).

Definições mais complexas podem ser obtidas utilizando operadores, tais como restrições de propriedade que podem forçar algum ou todos os valores de uma determinada propriedade pertencer a uma determinada classe, ou pode forçar uma propriedade a ter pelo menos k valores. Assim, dados de contexto complexos podem ser inferidos por meio de raciocinadores, com base em dados brutos coletados por sensores ou outros dados complexos de contexto que podem ser representados por estruturas e expressões OWL-DL. Estes dados tipicamente incluem informações obtidas do ambiente sociocultural do usuário, preferências complexas do usuário em relação à adaptação de serviços e atividades. Desta forma, é bastante natural a investigação de algum framework para representação do conhecimento e raciocínio que possam ser apropriados para manipulação de contexto. (BETTINIA et al. 2010).

2.3.2 Modelagem Semântica de Sensores

Sensores são os principais elementos para a obtenção de dados atualizados do ambiente, estes começam a impregnar grande parte do mundo moderno (telefones, geladeiras, xícaras, roupas, entre outros), permitindo que aplicações tenham um feedback do mundo real quase que instantaneamente.

Sensores na computação ubíqua são empregados em qualquer lugar, sob quaisquer objetos ou mesmo pessoas. Eles coletam dados, incluindo a localização do usuário, movimento, informações biomédicas, temperatura ambiental, umidade, nível de ruído ambiental, entre outros. Entretanto, dados de sensores apresentam elevada complexidade, (grandes volumes e dependência entre as fontes de recursos), dinamismo (atualização em tempo real, porém seus dados tornam-se desatualizados rapidamente) (Ye, J; DOBSON, S; MCKEEVER, S; 2011).

Segundo Compton et al (2009a) sensores são utilizados para observar uma qualidade física (profundidade, temperatura, ...) de um recurso (um lago, um quarto) e relatar as observações. São definidos como uma fonte que produz valores representando uma qualidade de um recurso. Estes produzem dados brutos, que na ausência de semântica associada tornam-se imprecisos e sem valia. A semântica de sensores pode ser utilizada para

inferir mais informação, pesquisar por um recurso em particular, fazer as ligações entre as entidades e os dados, permitir ao usuário desenvolver, utilizar e adaptar as redes de sensores, enquanto abstraem os detalhes do ambiente físico. Semântica de Sensores utiliza descrições declarativas para promover o reuso e integração, resolvendo problemas de instalação, consulta e gerenciamento complexo de redes heterogêneas de sensores. Redes de Sensores são redes que conectam sensores e dispositivos associados que estão sendo utilizados em diversas aplicações, como monitoramento de ambientes. Tem o propósito de reproduzir o dinamismo do ambiente (objetos do contexto) por meio de grandes redes de dispositivos heterogêneos (sensores em celulares, geladeiras, cadeiras, etc..) com serviços associados (produção de dados em tempo real, histórico, análise, interpretação e predição).

Atualmente o *Open Geospatial Consortium's* (OGC) *Sensor Web Enablement* (SWE) proveem padronização para os modelos sintáticos de sensores, porém padronização como integração e interpretação de informações estão em abertos. O *Sensor Semantic Wireless* (SSW) é um estilo OGC enriquecida com anotações semânticas. Segundo Sheth et al. (2008) uma rede de sensores semânticos devem ser classificados da seguinte forma:

- a) *classificar os sensores de acordo com a funcionalidade de saída ou método de medição.* Requer especificações de máquinas interpretáveis de sensores, seus tipos de saída e os domínios que operam.
- b) *encontrar sensores que possam realizar uma mediação particular, ou podem fornecer uma medida especial em um formato específico.* Requer a mesma especificação descrita acima, no entanto, um sistema poderia fazer mais do que os sensores de pesquisa existentes, sendo possível compor sensores existentes e fluxos de dados para criar sensores virtuais.
- c) *agrupar dados espaciais, temporais ou por precisão.* Requer especificações de sensores que incluem localização, precisão e modelagem de dados para observação.
- d) *inferir conhecimento do domínio para dados de baixo nível.* Inferência requer um mecanismo de raciocínio de domínio, sensores especificados e dados anotados
- e) *produzir um evento quando uma determinada condição é atingida dentro de um período.* Requer as especificações nos casos de uso anteriores, bem como o processamento de consultas, gerenciamento de energia e gerenciamento de configuração para as especificações dos sensores, que incluem energia, condições de funcionamento e tempo de vida. Capacidades relacionadas podem encontrar sensores para satisfazer determinadas tarefas, e usar o raciocínio para ajudar a planejar uma implantação.

Segundo Ranganathan et al. (2004) com semântica vinculada aos sensores, é possível ter uma categorização para diferentes métricas de qualidade que podem ser especializadas e associadas com informações, como por exemplo, localização obtida por diferentes tipos de sensores. Estas métricas são:

- *resolução* é a região que o sensor diz que um objeto móvel está. Resolução pode ser expressa com a distância ou com a localização simbólica, dependendo do tipo de sensor.

Sensores como os GPS obtêm a resolução em termos de distância. Por exemplo, alguns dispositivos GPS têm a resolução para 50 pés, o qual significa que o objeto encontra-se em um raio de 50 metros do local indicado.

- *confiança* é medida como a probabilidade de uma pessoa realmente estar dentro de uma área retornada pelo sensor. Esta probabilidade é calculada baseado na detecção do sensor frente a posição da pessoa na área de interesse.

- *frescor* (atualizado) é medido baseado no tempo que o sensor realizou a leitura. Todas as leituras do sensor têm um tempo de expiração, sendo que após este tempo as leituras não são mais validas.

Redes de sensores são semanticamente descritos para procurar diminuir a incerteza que existe nos dados coletados do ambiente, o chamado “taxa de erro” assim gerando contexto vago e consequentemente imprecisão no raciocínio da aplicação.

2.3.3 Raciocínio sobre o Contexto

Um grande benefício na utilização do formalismo consiste no suporte a tarefa de raciocínio. Raciocínio baseado em ontologias, através de linguagens de marcação como OWL-DL podem ser feitas através da consistência da modelagem formalizada na ontologia, bem como através de regras, como por exemplo, utilizando *Semantic Web Rule Language (SWRL)* para geração de novos conhecimentos.

Segundo Bettinia et al. (2010), utilizando raciocinadores, como por exemplo *RACER*, pode-se (i) derivar automaticamente novos conhecimentos sobre o contexto corrente, e (ii) detecção de possíveis inconsistências na informação de contexto. Raciocínio ontológico pode ser executado para inferir novas informações de contexto baseados nas classes e propriedades definidas, em recuperações individuais de objetos através de sensores e outras fontes de contexto. Para que as informações de contexto sejam úteis, esta deve reunir todas as fontes de contexto agregadas (dados de sensores, perfil, objetos do ambiente, etc..). Informações de sensores físicos, chamados de *contexto de baixo nível*, adquirido sem interpretação podem não ter sentido, serem triviais, vulneráveis as pequenas mudanças ou incertas. Em Schilit et al. (1994) observa-se que o contexto engloba mais que apenas a localização do usuário, por exemplo situações sociais. As limitações de um baixo nível contextual quanto a interações de modelagem humana reduzem a utilidade para aplicações sensíveis ao contexto. Deseja-se uma abstração do contexto de baixo nível para um contexto de mais alto nível, assim criando um modelo em camadas, este obtém os dados dos sensores como entrada e garante/disparam ações para as camadas subjacentes.

O raciocínio busca cobrir algumas deficiências da própria modelagem, no que diz respeito à própria concepção do mundo pelo modelador, sendo esta passível de concepção incorreta, podendo ser confrontada através de checagens da consistência das ontologias. Outro fator determinante para a geração de conhecimento está vinculada a imprecisão das informações coletadas por sensores, a produção destes dados do contexto nem sempre são precisos devido às próprias fontes produzirem informações imprecisas, portanto este fato

deve ser levado em consideração, atualmente trabalhos que utilizam lógica fuzzy, probabilística e redes bayesianas, entre outras tratam destas questões (PAGANELLI, F; GIULI, D; 2011).

Segundo Bettinia et al. (2010), tanto o mundo real em si quanto as medições feitas sobre este são propensas a incertezas. Devido a isto, uma das chaves para obtenção de sensibilidade ao contexto é capturar a imprecisão dos dados conflitantes sobre o mundo físico. Diferentes tipos de entidades do ambiente devem suprir e raciocinar sobre a incerteza. Estes incluem entidades incertas de contexto, entidades que inferem outros contextos incertos. Ter um modelo comum de incerteza para ser utilizado por todas as entidades do ambiente faz este ser mais fácil para os desenvolvedores construir novos serviços e aplicações.

Existem dois principais propósitos para raciocinar sobre a incerteza: (i) prover qualidade da informação do contexto e (ii) inferir novos tipos de informações de contexto. Prover raciocínio para a qualidade das informações de contexto tipicamente é realizado através da fusão de múltiplos sensores quando dados de diferentes sensores são usados para aumentar a confiança. O propósito para raciocinar é inferir novas informações de contexto tipicamente deduzidas de contexto de alto nível ou contexto de situação (como a atividade de um usuário) através do contexto de baixo nível (como a localização ou mensagens instantâneas do status do usuário). Como as informações de contexto de alto nível são realizadas em tempos maiores, pois dependem de uma gama de dados produzidos pelas camadas inferiores, estes contextos devem ser associados com um nível de incerteza, dependendo da acurácia e de informações coletadas por sensores em um processo de dedução e precisão (BETTINIA et al. 2010).

2.3.4 Raciocínio de Contexto para tratamento de Situações

Um dos principais motivos para raciocinar-se sobre o contexto é para detectar qual situação o usuário está ou pode ser acometido, estas situações como já mencionado são baseados em dados de sensores, que para tanto, segundo (Ye, J; DOBSON, S; MCKEEVER, S; 2011) tornam um desafio para usá-los no reconhecimento de padrões que poderiam dar-nos uma melhor compreensão das interações com o ambiente.

Um dos principais requisitos para sistemas de computação pervasiva é a correta concepção de um serviço para o usuário certo em no lugar correto e no tempo certo da forma certa. Supõe-se que um sistema possa hospedar um grande número de aplicações que podem ser finamente ajustadas para diferentes situações. Estas requerem um modelo da situação para suportar evoluções específicas da situação e para ser capaz de manter coerência entre especificações originais e atualizadas (Ye, J; DOBSON, S; MCKEEVER, S; 2011)

Segundo (Ye, J; DOBSON, S; MCKEEVER, S; 2011) sistemas ubíquos não devem se concentrar em dados individuais de sensores (sala onde o usuário está, qual a taxa de batimentos cardíacos ou pressão sanguínea do cidadão), ao invés, estas informações devem ser interpretadas em um alto nível conceitual e em um domínio relevante, tais como, se um

cidadão está sofrendo um ataque cardíaco, ou exercitando-se. **Estes conceitos de alto nível são chamados de situação**, o qual é um estado de abstração dos contextos de interesse da aplicação. Situação pode ser definida como um conjunto de características do contexto que são invariáveis em um determinado intervalo de tempo (WEIBENBERG et al.,2006), ou mesmo pode ser definida como uma coleção relevante de contextos, descobrindo correlações relevantes entre eles. Estas incluem capturar “o que” e “como” situações devem ser reconhecidas através de quais pedaços de contexto, e como diferentes situações podem relacionar-se uma com as outras.

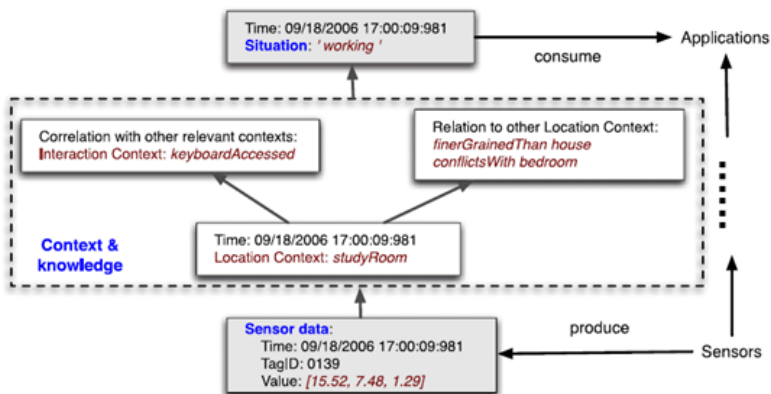


Figura 2: Fluxo de informação em Computação Pervasiva (YE, J; DOBSON, S; MCKEEVER, S; 2011)

A figura 2 representa um típico cenário em computação pervasiva, um sistema de monitoramento de saúde em *Smart Home*. Na parte inferior da Figura 2, sensores produzem dados brutos, os quais podem ser abstraídos dentro de um conjunto de conceitos do domínio, tipicamente chamados de contexto. Para distinguir contexto através de informações brutas de sensores, consideramos contexto como uma estrutura fortemente contextualizada que descreve as propriedades para um ambiente ou usuário. Contextos podem ser classificados dentro de diferentes domínios em termos de propriedades que eles descrevem.

Em aplicações sensíveis ao contexto, situações recebem a interpretações semânticas de baixo nível (DOBSON and YE, 2006), permitindo uma especificação de *alto nível* dos comportamentos humanos. Adaptação em aplicações sensíveis ao contexto é causada pelas mudanças em situações (uma mudança para um valor de contexto dispara adaptação se a atualização do contexto muda a situação).

A Figura 13 sumariza a abstrações de informações de contexto. Informações de contexto de baixo nível baseados em sensores estão semanticamente integrados pela camada de contexto de alto nível. Abstrações das situações através de dados de baixo nível são reusáveis em diferentes ambientes e aplicações. Relacionamentos definidos entre situações podem prover uma grande abstração e limitação da complexidade.

Alguns desafios de pesquisa, segundo (Ye, J; DOBSON, S; MCKEEVER, S; 2011) são a **representação** de como definir lógicas primitivas que são usadas para construir uma

especificação lógica. **Especificação** de como formar uma especificação lógica da situação, qual pode ser compreendido por especialistas do domínio ou aprendido através de dados treinados. *Raciocínio* como inferir situações para um grande volume de dados de sensores imperfeitos; como raciocinar através das relações entre as situações; e como manter a consistência e integridade do conhecimento sobre as situações.

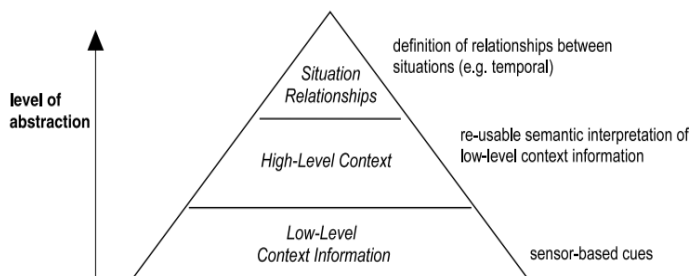


Figura 3: Diferentes Camadas de abstração e integração de informações de contexto (BETTINIA et. al, 2010)

2.4 Modelagem Semântica de Serviços

A Computação Orientada a Serviços é um assunto em evidência dentro da engenharia de software. A orientação a serviços tem por propósito a construção de software baseado na disponibilização de serviços. Um serviço segundo Erl (2007) é uma função de negócio independente, sem estado, que aceita uma ou mais requisições e retorna uma ou mais repostas através de uma interface padronizada e bem definida. Os serviços devem ser construídos em diferentes níveis de abstração, assim proporcionando a composição de serviços mais básicos para serviços mais abstratos.

OWL-S (*Semantic Markup for Web Services*) [<http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-OWL-S-20041122/>] é uma linguagem de marcação para serviços. Uma ontologia para descrição semântica de serviços que possibilita funcionalidades como descobertas, invocação e monitoramento de recursos, oferecendo serviços particulares e sendo capaz de ter um alto grau de automatização.

Os serviços são considerados como simples (atômico) e complexos (composto). Serviços atômicos são aqueles que um único programa de computador acessando (sensor, dispositivos) invoca uma operação para realizar uma tarefa e talvez, produz uma simples resposta para o requisitante. Serviços compostos são composições de serviços atômicos. Segundo Christensen et. al. (2011), os seguintes tipos de tarefas são disponibilizadas em OWL-S:

- **Descoberta automática de Serviços Web:** é um processo automático para localização de serviços web, podendo prover uma classe particular de capacidades de serviços, enquanto aderem a algumas restrições específicas dos clientes;

• **Invocação automática de Serviços Web:** é a invocação automática para um Serviço Web por programas ou agentes, dada apenas uma descrição declarativa de um serviço, ao contrário de quando o agente for pré programado para ser capaz de chamar esse serviço específico. Um agente de software pode ser capaz de interpretar o OWL-S e entender qual entrada é necessário para invocar um serviço e interpretar qual informação deve ser retornada. OWL-S em conjunto com ontologias de domínio provêm meios padronizados de especificar declarativamente APIs para Serviços Web que permitem execução automática.

• **Interpretação e composição automática de Serviços Web:** este tipo de tarefa envolve seleção automática, composição e interoperabilidade de Serviços Web para realizar algumas tarefas complexas, obtendo uma descrição em alto nível para um objetivo. Para suportar isto, OWL-S prove especificações declarativas para um pré requisito, consequente aplicações para serviços individuais, linguagem para descrever composições de serviços e interação de fluxo de dados.

OWL-S é formado por uma ontologia de serviços de mais alto nível que disponibiliza uma estrutura ontológica de serviços, isto é devido à necessidade de prover tipos especiais de conhecimento sobre um serviço, onde se devem responder as seguintes perguntas:

• *O que o serviço prove para um cliente?* A resposta para esta questão é obtida no “*profile*”, o qual é usado para anunciar o serviço. Para capturar esta perspectiva, cada instância da classe *Service* apresenta um *ServiceProfile*.

• *Como é usado?* A resposta para esta questão é obtida no “*process model*”. Esta perspectiva é capturada por uma classe *ServiceModel*. Instâncias da classe *Service* utilizam a propriedade *describedBy* para referenciar um serviço *ServiceModel*.

• *Como interagir com ela (serviço)?* A resposta para esta questão é obtida pelo “*grounding*”. Um *grounding* prove os detalhes necessários sobre os protocolos de transportes. Instâncias da classe *Service* tem uma propriedade que se refere ao *ServiceGrounding*.

A figura 4 apresenta os conceitos e as relações existentes na OWL-S, onde cada flecha representa as perguntas descritas anteriormente. A ontologia de alto nível para especificação de serviços somente restringe duas cardinalidades: um serviço pode ser uma descrição para no máximo, um modelo de serviço, um *grounding* pode ser associado com exatamente um serviço (arquivo WSDL). A ontologia de alto nível não especifica nenhuma cardinalidade mínima para as propriedades *presents* ou *describedBy*. Embora, em princípio, um serviço necessite de todas as três propriedades para ser totalmente caracterizado.

Através do *service profile* é possível identificar possíveis serviços com mesmas funcionalidades ou objetivos, sendo este usado para descrever o que o serviço faz, e quais meios podem ser usados para propor sua descoberta. O *Profile* tem como parâmetros o *hasInput*, *hasOutput*, condições e efeitos (IOPEs), bem como parâmetros não funcionais e funcionais, tais como *serviceName*, *serviceCategory*, *qualityRating*, *textDescription* e metadados sobre o provedor de serviço, como nome e localização. *Inputs* e *outputs* ligam aos canais de dados com os fluxos de dados dos processos (*process model*).

Utilizando tal descrição semântica de serviços, podem-se processar os serviços para determinar sua utilização. Sendo assim, se este padrão estivesse presente em dispositivos domésticos, para descrição dos serviços que estes proveem (ex, televisão presta serviços de áudio e vídeo, iluminação, entre outros) poderiam adaptar o ambiente frente as necessidades do cidadão.

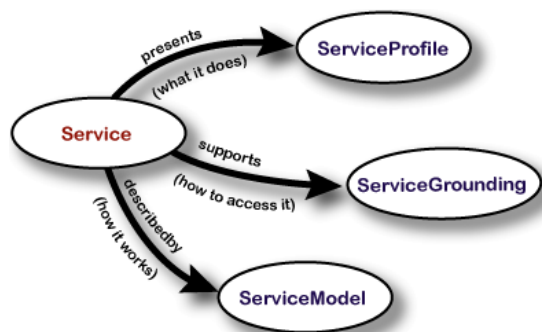


Figura 4: Nível superior da Ontologia de Serviços (CHRISTENSEN et. al. 2011)

3 Arquitetura Baseada em Serviços Sensíveis a Situação

Um dos principais requisitos para sistemas de computação ubíqua é a correta concepção de um serviço para o usuário certo, no lugar correto, no tempo certo da forma certa. (YE, J; DOBSON, S; MCKEEVER, S; 2011) Estas questões estão relacionadas com tópicos de pesquisa evidenciados em diversos trabalhos, como representação, especificação e raciocínio de ambientes inteligentes. Sendo assim, este trabalho busca gerar mecanismos para descoberta e inferência de serviços de acordo com a situação vivenciada pelo cidadão em seu ambiente residencial.

A integração de informação através do mundo físico e virtual não afeta somente a forma que vivemos, porém cria novas oportunidades de negócios baseados na Web, gerenciamento de ambientes inteligentes, monitoramento ambiental, entre outros. Sheng e Dustdar (2012) apresentam os principais desafios do futuro da internet para serviços sensíveis ao contexto: (a) como representar e gerenciar detalhes contextuais que se alteram sobre o tempo e como fazer com que os serviços respondam a estas questões?; (b) qual é o papel das ontologias e como encontrar o caminho certo de sua utilização?; (c) quando, como e onde se podem rastrear a origem dos dados e metadados?; (d) outro desafio é como ligar o conjunto de contextos (situações) com os serviços, tendo que os atuais padrões (ex., UDDI, SOAP e WSDL) que são amplamente aceitos para construção de serviços não suportam contexto/situações?; (e) como definir e utilizar métricas eficazes para gerir a adaptação?

Este trabalho abordar estes desafios através da proposta de modelos para agregação de informações brutas coletadas pelos sensores, agregadas pelos modelos de situação e

adaptadas através dos serviços que um ambiente disponibiliza (através dos objetos existentes no ambiente).

3.1 Modelagem de Contexto-Situacional em Ambientes de Vivência Assistida

Um dos principais motivos que se torna necessário a geração de modelos para um sistema ubíquo e dividido a este ser altamente complexo, levando em consideração que a capacidade humana tem um limite de raciocínio frente à complexidade do mundo (HERBERT SOMEN, 1991), modelos para aumentar da abstração auxiliam no entendimento destes ambientes e assim, consequentemente a geração de aplicações.

Gerenciar o ambiente para uma possível atuação neste, e assim adaptá-lo as preferências/necessidades do cidadão é o propósito deste trabalho. Em termos gerais, pode ser caracterizado um fluxo para agregação dos dados brutos que os sensores coletam do ambiente, assim procurando expressar o que está acontecendo neste. A partir de uma agregação de alto nível (situação), torna-se possível atuar no ambiente através dos serviços que os aparelhos eletrônicos (equipados com sensores) proveem, assim buscando automatizar o ambiente de acordo com a situação evidenciada e as preferencias do cidadão.

A figura 15 demonstra a curva de agregação (fluxo) que os dados coletados pelos sensores percorrem para que o ambiente (através dos dispositivos existentes neste) seja adequado/adaptado. A curva mais acentuada do arco (Situação/Ações Complexas) contem os algoritmos que buscam consumir os serviços que podem atuar no ambiente adequadamente devido à situação detectada. Para que estas situações/ações sejam realizadas, é necessário construir o modelo do ambiente.



Figura 5: Fluxo para agregação dos dados e atuação no ambiente

Modelar o contexto para identificar as coisas (objetos físicos ou abstratos) que existem no ambiente é uma tarefa indispensável para o desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto. Identificar os objetos e suas relações, bem como a relação semântica existente em um ambiente, torna aplicações mais inteligentes e aumenta sua capacidade de adaptação. Tratando-se de *Ambient Assisted Living* a principal fonte de dados frescos está nos sensores existentes no ambiente, tanto sensores que coletam dados físicos do ambiente quanto sensores que coletam dados corporais. Pesquisas em sensores tem feito um progresso substancial na produção de pequenos, facilmente plugáveis e eficientes sensores, dando possibilidade de implantação em tecnologias de *Smart Home* no mundo real. (YE, J; STEVENSON, G; DOBSON, S; 2011)

As próximas seções apresentam a visão deste trabalho para a curva de visão do mundo e atuação no mundo, descrevendo o que cada nível da curva representa.

3.1.1 Modelo de Contexto-Situação

Dados compreendem recuperação de dados brutos (ou minimamente processados) por sensores físicos ou virtuais observando informações, sendo assim, **Dados de Contexto** são qualidades físicas ou abstratas de uma entidade do contexto, ex valor coletado (dado bruto) de um sensor de temperatura, ou mesmo dados dos calendários de usuários ou trafico de rede.

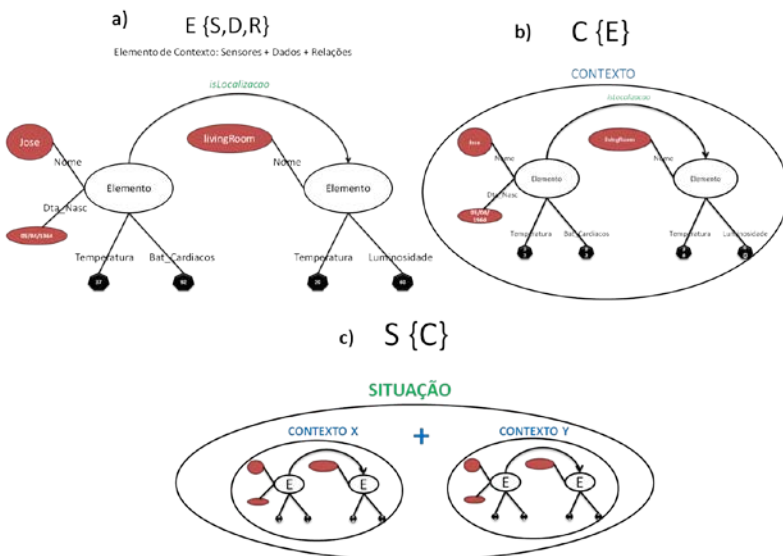


Figura 6: Modelo de elementos do contexto-situação

A figura 6 apresenta a visão deste trabalho e como este modela e identifica os conceitos existentes no ambiente. Em (a) apresenta o **Elemento/Entidade de Contexto** que

são conceitos concretos ou abstratos utilizados pela mente humana para raciocinar sobre um domínio de interesse, sendo assim existem no contexto (pessoa, lugar, tempo, objeto). São compostos por um conjunto de sensores e dados de contexto **E(S,D)**, por exemplo (esquerda) um elemento com nome Jose, data de nascimento 05/04/1964, sensor de Temperatura com valor coletado 37 e sensor de batimentos cardíacos com valor coletado 92. São essas características que fazem com que cada elemento de contexto seja único em um contexto específico.

Um conjunto de elementos e suas relações resultam em um Contexto (b), o qual é definido como qualquer informação que caracteriza a situação de uma entidade (pessoa, lugar ou objeto) considerada relevante para a interação entre uma pessoa e uma aplicação (DEY and ABOWD, 2006). Em (b) representa graficamente um contexto sendo composto por um conjunto de elementos de contexto e suas relações **C(E,R)**.

Um conjunto de contextos relevantes para uma aplicação e suas relações compõe uma abstração de mais alto nível para manipulação de informações, a qual é denominada de situação (c), Weienberg (et al., 2006) define situação como um conjunto de características do contexto que são invariáveis em um determinado intervalo de tempo, em J. Ye, S. Dobson, and S. McKeever (2011) situação é definida como uma coleção relevante de contextos, descobrindo correlações relevantes entre eles. Sendo assim, situação é uma abstração dos eventos ocorridos no mundo real, derivados através do contexto e hipóteses sobre como observar o contexto ligado a fatos de interesse dos modeladores das aplicações. Situações tipicamente fundem várias fontes de contexto, bem como o conhecimento do domínio, modelos espaciais e temporais do comportamento esperado dos fenômenos observados. Uma situação. Segundo J. Ye, G. Stevenson, and S. Dobson (2011) pode ser também composta ou generalizada através de outras situações mais; por exemplo, uma situação “seminário” inclui situações mais “finas” (é composta) com “apresentação”, “questionamentos” e “grupos de discussão”.

- **Generalização:** Uma situação pode ser considerada como uma situação mais geral que outra situação, se a ocorrência deste último implicar na sua forma; por exemplo, uma situação “assistir TV” é considerada mais específica que a situação entretenimento, porque as condições inerentes à situação anterior subsumam-se ou implica nas condições desta última.

- **Composição:** Uma situação pode ser composta dentro de um conjunto de situações menores, qual é uma típica relação entre situações. Por exemplo, uma situação “cozinhar” é composta de uma situação “utilizando fogão” e uma situação “pegando/recuperando ingredientes”.

- **Dependência:** Uma situação depende de outra situação se a instância da situação anterior depender da instância da situação atual.

- **Contradição:** Duas situações podem ser consideradas como mutuamente exclusivas se elas não podem co ocorrerem no mesmo tempo e no mesmo lugar para o mesmo objeto (matéria). Por exemplo, um usuário não pode estar em uma situação de ‘cozinhando’ e uma situação de ‘dormindo’ ao mesmo tempo.

- Sequencia Temporal: uma situação deve ocorrer antes ou depois de outra situação, ou intercalada com outra situação; por exemplo, ‘tomar pílula’ pode ser realizada antes de ‘jantar’.

Estas definições buscam agregar as informações brutas para que estas possam ser processadas em um nível informacional, assim sendo mais estáveis e passíveis de inferências.

3.1.2 Ações complexas e simples

Um ambiente pode ser impregnado de sensores que coletam dados, estes são agregados para fornecer informações relevantes sobre a situação atual existente, porém um ambiente também pode fornecer serviços (ações) para os cidadãos que nele vivem. Objetos existentes no ambiente (eletrodomésticos, eletroeletrônicos, móveis, entre outros) podem também fornecer ações (serviço) específicas para fazer com que um ambiente se adapte frente as necessidades do cidadão.

Os serviços são compostos de Pré-condições e Efeitos (formulas lógicas que devem ser verdadeiras para um serviço ser executado com sucesso) que especificam fatos do mundo (situações) que devem ser assegurados para um agente executar o serviço. Onde, em OWL-S, a semântica para cada parâmetro de entrada (*inputs*) e saída (*outputs*) são definidos em termos de um referenciado *OWLconcept* num dada ontologia, tipicamente em uma descrição decidível em lógica OWL-DL, as pré-condições e efeitos podem ser expressadas em qualquer linguagem de lógica de primeira ordem, como SWRL (*Semantic Web Rule Language*). Além disso, os perfis dos serviços podem ser especializados, assim suportando criações para taxonomias concretas de perfis com subseqüentes descrições diferentes com classes de serviços (KLUSCH, M; FRIES, B; SYCARA, K; 2009).

A tabela 2 demonstra um exemplo de implementação para os serviços e suas descrições semânticas. Por exemplo, o código fonte TV.java implementa o código que interage com o dispositivo físico através dos métodos (operações de um serviço) ex. avisoSonoro. O arquivo TV_Service.wsdl publica as operações como serviços do dispositivo e os arquivos “.owls” descrevem conforme os padrões OWL-S cada operação do arquivo TV_Service.wsdl.

Toda operação do serviço tem como descrição suas entradas (*inputs*) e retornos (*outputs*), estes devem ser conceitos descritos de uma ontologia. Desta forma é possível aplicar algoritmos de similaridade para detectar possíveis serviços candidatos para tomada de ação no ambiente, por exemplo, se uma situação necessita consumir um serviço para prover um aviso sonoro no ambiente, na tabela 2 poderia ser consumido dois serviços (Radio, TV) porém sua detecção automática não é trivial, sendo possível através de um processamento da similaridade dos serviços. Algoritmos como os (KLUSCH, M; FRIES, B; SYCARA, K; 2009) são utilizados para detectar possíveis similaridades entre os serviços, assim permitindo que em momentos de falhas de algum serviço, outros possam vir a substituí-los.

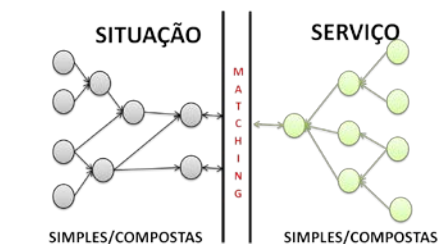
Tabela 2: Descrição Semântica de Serviços (implementação)

Classe	Métodos	Serviço WSDL	Descrição OWL-S
TV.java	boolean avisoSonoro(String msg) boolean mostraMsgTxt(String msg) boolean mostraVideo(Video v)	TV_Service.wsdl	AvisoSonoro.owl MostraMsgTxt.owl MostraVideo.owl
Radio.java	boolean avisoSonoroMsg(String msg) boolean avisoSonoroSOM(Som s)	Radio_Service.wsdl	AvisoSonoroMsg.owl AvisoSonoroSOM.owl

Como já mencionado, os serviços são descritos no profile Service, onde são declaradas as entradas (inputs) e saídas (outputs) das operações deste serviço, sendo estes conceitos descritos em uma ontologia, assim o algoritmo seleciona um serviço como principal e busca em um repositório possíveis serviços similares. Algoritmos podem levar em consideração alguns aspectos, como quantidade de inputs/outputs, se a ontologia que descreve as entradas e saídas é a mesma e se os conceitos são os mesmo, ou mesmo se estão na mesma hierarquia.

3.2 Matching entre Situação e Serviços

Descoberta de serviços que sejam relevantes para um cidadão, devido a uma situação evidenciada é um dos grandes desafios listado para o futuro da internet (PAGANELLI, F; GIULI, D; 2011). Uma situação é a agregação de mais alto nível que os dados dos conceitos existentes no domínio representam. Para que as aplicações ubíquas se tornem mais inteligentes e assim possam escolher os serviços adequados para adaptar o ambiente em prol do cidadão, identificar qual situação está ocorrendo e qual serviço deve ser consumido é fundamental.

**Figura 7: Matching entre Situação e Serviços**

A figura 7 apresenta a relação entre situações simples e compostas, bem como a mesma relação de modelagem para os serviços. Construir algoritmos de *matching* para seleção automática de serviços baseados em situação é um desafio devido aos padrões atuais dos serviços não suportarem a dinamicidade existente no contexto. Muitos algoritmos de descoberta de serviços utilizam como principais fontes de recursos para calcular similaridade entre serviços às entradas e saídas (IO). Situações necessitam da descrição de Pré-condições e Efeitos dos serviços, os quais não são tratados pelos algoritmos de descoberta de serviços atuais.

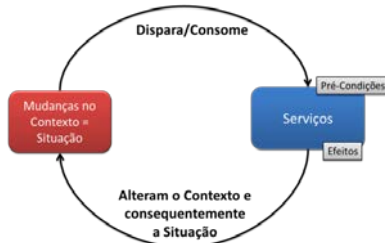


Figura 8: Ciclo da visão do mundo (detecção de situações) para a atuação no mundo (consumo de serviços)

Existe um ciclo (figura 8) para a ligação das situações com os serviços, onde para que um serviço seja disparado, uma situação deve ser detectada. Para que esta situação dispare/consuma um serviço, esta situação deve ser descrita como Pré-Condição para a execução do serviço. Consequentemente, por vezes o propósito da execução de um serviço é alterar a situação existente (por exemplo, uma situação de emergência médica), sendo assim os efeitos do serviço são a alteração do contexto e consequentemente a situação evidenciada que ocasionou a execução do serviço. Sendo assim, um ciclo é gerado para a visão do mundo (situação detectada), atuação no mundo (execução do serviço).

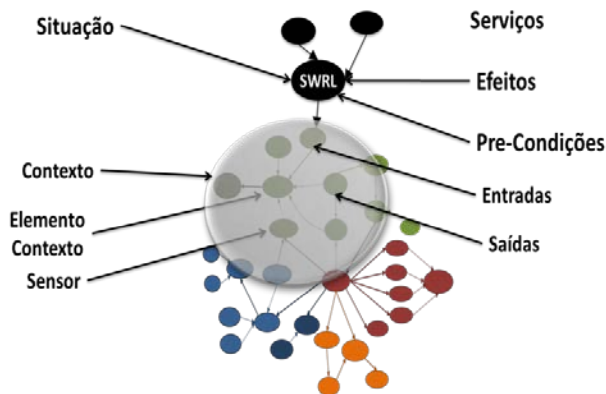


Figura 9: Descrição semântica de situações e serviços

A ligação entre a situação e os serviços pode ser processadas pelos algoritmos de *matching* através da descrição semântica existente na ontologia do ambiente. Pois as entradas e saídas, pré-condições e efeitos dos serviços correspondem as mesmos conceitos existentes para construção do contexto e evidenciação das situações. Como demonstra a figura 9, sendo a situação uma regra SWRL, ela pode ser utilizada como pré-condição ou efeitos para a anotação dos serviços, assim podendo ser cabível de disparo dos serviços.

A finalidade da existência de uma descrição semântica para os serviços é para suprir possíveis falhas ou momentâneas indisponibilidades nos serviços, tanto da residência, quanto dos provedores de saúde, assim sendo possível, através de um algoritmo de similaridade detectar possíveis serviços que possam suprir as necessidades de uma situação específica, como por exemplo, uma situação necessita consumir um aviso sonoro, podendo ser detectado que tanto a televisão, quanto o rádio provê tal serviço, sendo assim passíveis de serem consumidos caso estejam disponíveis, ou mesmo a escolha automática caso algum esteja indisponível.

A figura 10 apresenta uma possível modelagem semântica para que o algoritmo possa calcular a similaridade dos serviços. O algoritmo leva em consideração se os inputs/outputs dos serviços são (i) descritos pela mesma ontologia, (ii) se correspondem ao mesmo conceito (iii) caso não correspondam ao mesmo conceito, se estão na mesma hierarquia, (iv) qual a profundidade da hierarquia e distância dessa profundidade entre os conceitos.

Utilizar a mesma ontologia de topo (fundamentação) ajuda a descrever e identificar o significado dos conceitos, mesmo eles sendo de ontologias de domínios diferentes, como é o caso de uma ontologia que descreve um ambiente inteligente (*smart home*) e os provedores de saúde. Desta forma, é possível gerar algoritmos de calculo de similaridade não somente sintáticos e semânticos (como os atuais), mas também buscar similaridade COMPORTAMENTAL dos serviços, devido a característica de meta-conceitos e meta-propriedades existentes em ontologias de fundamentação existente na sua construção.

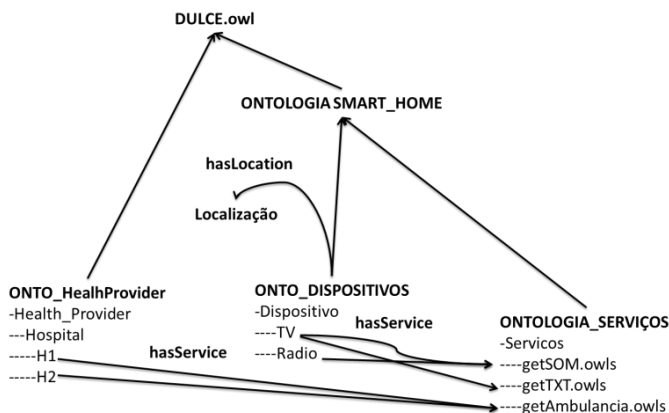


Figura 10: Modelagem Semântica de Serviços

3.2 Modelo Arquitetural

Tendo em vista a complexidade existente em ambientes com tecnologias heterogêneas de sensores e objetos residências, a concepção de uma arquitetura que diminua a complexidade para geração de aplicações inteligentes torna-se necessário.

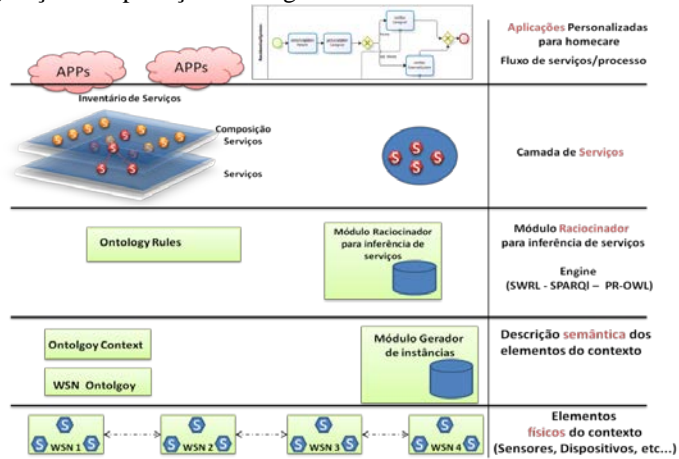


Figura 11: Arquitetura Residencial

A figura 11 apresenta os níveis em camada para a arquitetura de software, (i) sendo a *camada física* considerada um ambiente com uma infraestrutura com rede de sensores, provendo meios para monitoramento e captura de dados brutos dos sensores; (ii) *camada semântica* faz a descrição semântica do ambiente, esta camada quebra o link entre os dados e a camada de aplicação, provendo sustentação tecnológica para distribuição dos dados, reuso e desenvolvimento de aplicações. O objetivo da camada semântica é prover uma visão homogeneia entre os dados heterogêneos, assim permitindo o acesso, distribuição, integração e fusão sobre múltiplos organismos (iii) *camada de serviços* faz a descrição semântica de serviços e composição de serviços, esta camada mantém o repositório de serviços, sendo eles simples ou compostos (conjunto de serviços simples). Prove um *POOL* de funcionalidades que os dispositivos existentes na residência proveem, bem como os serviços que entidades externas a residência (provedor de saúde) disponibilizam. Estas funcionalidades são providas como serviços para que possam ser consumidos/utilizados a partir de uma situação detectada. Tais serviços são descritos através da linguagem OWL-S, os serviços de entidades externas utilizam suas próprias ontologias para descrever seus serviços e os serviços que a residência prove (através dos dispositivos que nela existem) são descritos pela ontologia da residência.

4 Estudo de Caso

O Estudo de caso realizado neste trabalho parte de uma situação problema (cenário de agitação). Desta forma procurou-se avaliar a solução desenvolvida. Considerou-se o seguinte cenário: **Cenário:** é manhã de terça feira (6h30m) e Mario se encontra e na sua residência. Mario tem 78 anos e sofre de algumas doenças decorrentes do envelhecimento (diabetes, hipertensão, demências leves). Devido a estas doenças, Mario precisa tomar periodicamente doses específicas de remédios em horários pré-definidos. Joseane, sua filha que mora com ele, prepara todos os dias às 7h:00m o café da manhã para Mario. Durante esta atividade, Mario gosta de assistir o jornal da manhã em sua TV de 29 polegadas na sala da residência. Mario precisa ser medicado para o tratamento da hipertensão às 7h:30m, neste momento a TV da sala interrompe a programação do jornal e emite um aviso sonoro seguido de uma imagem com os dizeres “Mário, o Sr deve tomar um comprimido do remédio XXX para tratamento da hipertensão”. Joseane sai para o trabalho as 7:45 levando seu celular para eventuais avisos de situações emergências vinculados ao seu pai. A enfermeira Paula, profissional que auxilia diariamente Mario chega às 9h.

Situação de Emergência: é manhã de terça feira (8h) e Mário durante o seu café da manhã começa a se sentir ofegante e com aumento de suor, aperto no peio e dores de cabeça. No momento, está sozinho em sua residência, pois sua filha foi para o trabalho e a enfermeira chega somente às 9h. Mario utiliza uma pulseira que coleta batimentos cardíacos e pressão arterial constantemente (**CORPORAL SENSOR**). Devido ao seu estado alterado (dores) Mario desloca-se algumas vezes da sala até a cozinha para tomar água. Após alguns instantes as dores aumentam e ele senta e pede socorro com uma voz alterada. A residência detecta que seus sinais vitais estão alterados e através de um cruzamento de informações coletadas pelos sensores em seu corpo somados aos sensores que detecção descolamento e ruídos, detecta que Mário está agitado (inferência). A residência aciona a TV que avisa para Mário que a urgência médica já foi acionada e em poucos segundos ele receberá atendimento. A residência envia uma notificação de urgência/emergência para a central de pronto socorro, bem como uma mensagem para o dispositivo móvel de sua filha e para a enfermeira.

A residência detecta possíveis membros da comunidade (voluntários) que podem dar assistência preliminar, devido a estarem em uma localização próxima da residência de Mário, assim notificando estes por mensagem em seus dispositivos móveis, ou mesmo por avisos sonoros em suas casas. Consideramos aqui que um ambiente inteligente está impregnado de sensores, bem como objetos de uso coletivo ou pessoais dentro de uma residência. Cada objeto (televisão, poltrona, micro-ondas, iluminação,...) da residência tem uma coleção de serviços com propósitos específicos, estes podem ser identificados através da sua descrição semântica (já providos pelo fabricante do produto), assim também podem ser executados através de um agente externo (aplicação inteligente).

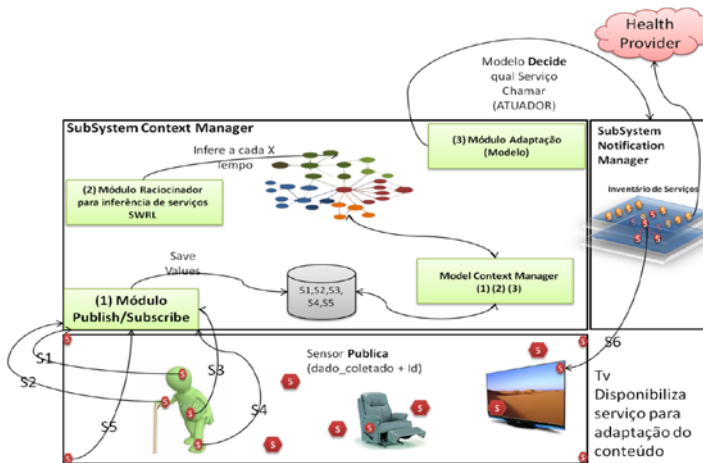


Figure 11: Arquitetura para detecção de situações e ações pró ativa

Para exemplificar, a figura 12 apresenta de forma gráfica um ambiente para a situação problema. O *Subsystem Context Manager*, através do (1) Módulo Publish/Subscribe lê os elementos do contexto (instâncias da ontologia) que tem relação com sensores do ambiente, assim subscreve-se no ambiente para começar a receber os valores coletados pelos sensores (S1,S2,S3,S4,S5) de interesse do contexto. Após os dados brutos são armazenados em uma base de dados e podem ser alcançados pelo (2) Módulo de Inferência. As inferências identificam situações de interesse, tais como situações críticas iguais à regra SWRL abaixo para agitação.

$$\text{Paciente}(?p) \wedge \text{BatimentosCardiacos_Sensor}(?bat) \wedge \text{TemperaturaCorporal_Sensor}(?tem) \wedge \text{hasValorColetado}(?bat, ?valorBat) \wedge \text{hasValorColetado}(?tem, ?valorTem) \wedge \text{hasSensorCorporal}(?p, ?bat) \wedge \text{hasSensorCorporal}(?p, ?tem) \wedge \text{swrlb:greaterThan}(?bat, 99) \wedge \text{swrlb:greaterThan}(?tem, 37) \rightarrow \text{estaEmSituacaoAgitado}(?p)$$

Esta regra identifica que o paciente “?p” está agitado se os sensores de batimentos cardíacos e temperatura ultrapassarem um valor específico.

Levando em consideração que uma situação é detectada quando uma regra (camada de regras) SWRL é disparada (torna-se verdadeira), o (3) Módulo de Adaptação (matching de situações e serviços) leva em consideração primeiro a localização existente da situação para seleção dos serviços disponíveis em tal localização, depois seleciona os serviços já ranqueados pela similaridade para escolha de qual serviço consumir, assim podendo adaptar o ambiente a situação.

Desta forma, a situação de emergência pode ser vinculada a um serviço de uma TV no ambiente residencial, podendo atuar através de um serviço de musica/vídeo do gosto do paciente para tentar acalma-lo, se a situação for uma emergência crítica poderia ser uma agitação seguida de uma situação correlata do cuidador não estar na residência, está pode buscar a composição de um serviço que busca notificar um agente externo (provedor de

saúde). Para que a residência possa adaptar o ambiente a uma situação específica, se torna necessário que esta situação seja processada e que os serviços disponíveis pela residência e provedores de saúde possam ser identificados e consumidos.

5 Conclusão

Sistemas voltados para Ambientes Inteligentes (pervasivos) que empregam os conceitos da Computação Ubíqua (mobilidade, contexto, onipresença) são extremamente complexos por natureza. Para sua efetiva concepção, torna-se necessário a fusão de diversas áreas de pesquisa para uma total cobertura de todos os fatores envolvidos. Empregando esses fatores para a automação de residências voltada a pessoas com limitações, devido à idade ou doença, os desafios aumentam consideravelmente devido ao fator humano que a residência deve suprir, levando em consideração o contexto (atividade, perfil, social, espacial, saúde) para que sistemas inteligentes que gerenciam a residência prolonguem e aumentem a vida do cidadão. Este trabalho procurou abordar todas as áreas identificadas para a concepção de sistemas inteligentes voltados a ambientes residenciais para assistência das atividades diárias do cidadão. Por exemplo, sabendo que sensores são os principais elementos existentes em um ambiente para produção de dados em tempo real, estes foram estudados, bem como sua modelagem e integração para processamento e geração de informações relevantes sobre o contexto através da descrição semântica utilizando ontologias. A disseminação das informações produzidas pelo ambiente, bem como ações automáticas podem ser geradas através de interfaces descritas como serviços, sendo assim, aumentando a interoperabilidade e reuso de todas as camadas de baixo nível, apresentadas neste trabalho.

Referências

- Augustin, I.; Lima, João D. and Yamin, A. C. 2006. Computação Pervasiva: como Programar Aplicações. In: X SIMPOSIO BRASILEIRO DE LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO (SBLP), 2006, Itatiaia, RJ. Anais... [S.l.]: SBLP, 2006.
- Bettinia, C., Brdiczka, O., Henricksen, K., Iindulzka, J., Nicklase, D., Ranganathanf, A., Riboni, D.: *A survey of Context Modelling and Reasoning Techniques*. Pervasive and Mobile Computing, 6(2), 161-180 (2010)
- Borst, W.N. *Construction of Engineering Ontologies*. Centre for Telematica and Information Technology, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1997.
- Chen, L., Nugent, C.D., Mulvenna, M., Finlay, D. and Hong, X. (2009) "Semantic Smart Homes: Towards Knowledge Rich Assisted Living Environments", *Studies in Computational Intelligence*, Vol.189, pp.279-296
- Chen, H., Perich, F., Finin, T. W., Joshi, A., SOUPA: Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications, in: 1st Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems (MobiQuitous 2004), IEEE Computer Society, 2004.

- Compton, M.; Henson, C., Lefort, L., Neuhaus, H.: A survey of the semantic specification of sensors. Technical report (2009a)
- Compton, M.; H. Neuhaus, and K.-N. Tran. Reasoning about sensors and compositions. In 2nd International Semantic Sensor Networks Workshop, 2009b
- Dey, A., and ABOWD, G., The Context Toolkit: Aiding the Development of Context-Aware Applications, In Proceedings of Human Factors in Computing Systems: CHI 99, Pittsburgh, PA: ACM Press, pp.434-441. (2006)
- Dobson, S. ; J. Ye, Using fibrations for situation identification, in: Proceedings of Pervasive Workshops, Springer, 2006.
- Ercim News; Special theme: Ambient Assisted Living. Edition 87 October 2011 <http://ercim-news.ercim.eu/images/stories/EN87/EN87-web.pdf>
- Erl, T.: SOA Principles of Service Design (The Prentice Hall Service-Oriented Computing Series from Thomas Erl). Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, (2007)
- Gruber, T. R. 1993. *A translation approach to portable ontology specifications*. Knowledge Acquisition, 5: 199-220.
- Guarino, N. *Formal Ontologies and Information Systems*. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE (FOIS), 1., 1998, Trento, Itália. Anais... Trento: (1998).
- Guizzardi, G. *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*. PhD Thesis, Centre of Telematics and Information Technology, University of Twente, The Netherlands, 2005
- Henricksen, K., Induslska, J.:Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach. Journal of Pervasive and Mobile Computing, (2006)
- Henricksen, K., Induslska, J. and Rakotonirainy A. Modeling Context Information in Pervasive Computing Systems. 1st International Conference on Pervasive Computing. In: Lecture Notes in Computer Science, Volume 2414, pp. 167-180. (2002).
- IBGE (2008). Projeto da população do brasil por sexo e idade para o período 1980-2050: reviso 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/projecao.pdf
- J. Ye, G. Stevenson, and S. Dobson, A top-level ontology for smart environments, Pervasive Mob. Comput. 7, pp. 359–378, 2011. doi:10.1016/j.pmcj.2011.02.002
- J. Ye, S. Dobson, and S. McKeever, Situation identification techniques in pervasive computing: a review, Pervasive Mob. Comput. in press, 2011. doi:10.1016/j.pmcj.2011.01.004
- M. Klusch, B. Fries, and K. Sycara. OWLS-MX: a hybrid Semantic Web service matchmaker for OWL-S services. International Journal of Web Semantics, 7(2),2009.

Moore, P., Hu, B., Zhu, X., CAMPBELL, W., RATCLIFFE, M. *A Survey of Context Modeling for Pervasive Cooperative Learning*. In: International Symposium on Information Technologies and Applications in Education - ISITAE '07, Kunming, Yunnan, China, p. K5-1-K5-6, 23-25 Nov. 2007.

Paganelli, F.; Giuli, D.; , "An Ontology-Based System for Context-Aware and Configurable Services to Support Home-Based Continuous Care," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* , vol.15, no.2, pp.324-333, March 2011 doi: 10.1109/TITB.2010.2091649

Ranganathan, J. Al-Muhtadi, S. Chetan, R. Campbell, M.D. Mickunas, Middlewhere: A middleware for location awareness in ubiquitous computing applications, in: Proceedings of the 5th ACM International Conference on Middleware, Springer, 2004.

Schilit, B.; N. Adams, R. Want, Context-aware Computing Applications, Xerox Corp., Palo Alto Research Center, 1994.

Simon, Herbert (1991). "*Bounded Rationality and Organizational Learning*". Organization Science

Sheth, A., C. Henson, and S. Sahoo. Semantic sensor web. IEEE Internet Comp, 2008.

Strang, T., Linnhoff-Popien, C. *A Context Modeling Survey*. In: Workshop on Advanced Context Modeling, Reasoning and Management, UbiComp 2004 - The Sixth International Conference on Ubiquitous Computing, Nottingham, England, 2004.

Sheng, Q. Z. and Dustdar, S. 2012. Introduction to special issue on context-aware web services for the future Internet. ACM Trans. Internet Technol. 11, 3, (2012) .

Zhang, D., Gu T., Wang, X., Enabling.; Context-aware Smart Home with Semantic Technology CONON, International Journal of Human-friendly Welfare Robotic Systems 6 (4) (2005) 12–20.

Weißenberg, R. Gartmann, and A. Voisard, —An Ontology-Based Approach to Personalized Situation-Aware Mobile Service Supply, in: Journal of GeoInformatica, vol. 10, 2006, p. 55-90.

Weiser, M. Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. Communications of ACM, Jul. 1991

W3C Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): Structure and Vocabularies 2.0 W3C Working Draft 30 April 2007; Acesso em 23/07/2012: <http://www.w3.org/TR/2007/WD-CCPP-struct-vocab2-20070430/>