

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e
Pesquisas Computacionais**

MARCUS ALBERT ALVES DA SILVA

**INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA
EM REDES DE SENSORES SEM FIO**

Rio de Janeiro

2014

MARCUS ALBERT ALVES DA SILVA

INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM REDES DE SENSORES SEM FIO

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Claudio Miceli de Farias, M.Sc., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

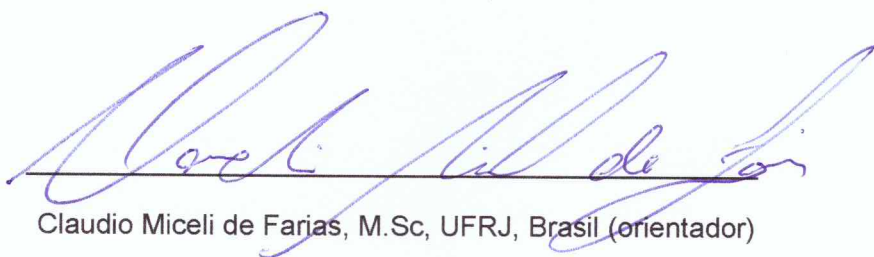
2014

MARCUS ALBERT ALVES DA SILVA

INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM REDES DE SENSORES SEM FIO

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em março de 2014.



Claudio Miceli de Farias, M.Sc, UFRJ, Brasil (orientador)

A minha mãe Léa pelos exemplos de luta, perseverança e fé, além de todo seu amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela saúde e a paz interior, elementos essenciais para realização deste trabalho. À família representada por minha mãe Léa, eterna luz que ilumina meus caminhos, meu maior exemplo de vida, ao meu padrasto Sebastião, amigo, sempre presente e vibrante com minhas conquistas. Às minhas filhas Agnes e Alissa, eternas fontes de amor e alegria, que me impulsionam na caminhada e a querida Roselane, esposa, amiga e companheira, sempre presente, com seu amor e compreensão, incondicionais.

Ao professor e orientador Cláudio Miceli de Farias, pela compreensão, confiança e credibilidade na elaboração deste trabalho.

Aos demais professores que fizeram parte da equipe docente do MOT, pela valorosa contribuição em nossa formação.

Aos colegas de turma que tornaram a sala de aula um ambiente familiar, de mútua colaboração, camaradagem e harmonia.

A todos aqueles que escaparam a estas linhas, mas ajudaram neste projeto..

EPÍGRAFE

“ Com um trilhão de sensores integrados no ambiente, todos conectados por sistemas de computação, software e serviços, será possível ouvir a batida do coração da Terra, impactando a interação humana com o globo de forma profunda ...”

(Peter Hartwell Pesquisador sênior, HP Labs)

RESUMO

SILVA, Marcus Albert Alves da. **INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM REDES DE SENSORES SEM FIO** . Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

Sensores sem fio encontram-se presentes em nossas vidas, são estudados e utilizados em diversas áreas do conhecimento. É possível usar uma rede de sensores sem fio (RSSF) para detectar e identificar problemas, que demandam decisões acerca atividades simples, ou com elevado grau criticidade. Áreas como a meteorologia, a engenharia de trânsito, a medicina, a segurança, dentre outra vem se mostrando cada vez mais, como é importantes poder interoperar e interpretar dados, oriundos destes dispositivos de maneira correta. O presente estudo tem o objetivo de Analisar as possibilidades de interoperabilidade de dados em uma rede de sensores heterogêneos, sob o enfoque semântico. Por meio da realização de uma revisão de literatura acerca de possíveis caminhos para interoperabilidade de dados entre sensores heterogêneos, por meio do uso de conceitos de web semântica e ontologias. Foi possível indicar um provável aproveitamento dos pontos fortes de cada abordagem em trabalhos futuros.

Palavras Chaves: interoperabilidade de dados, Web semântica, rede de sensores, semantic sensor network, ontologias.

ABSTRACT

SILVA, Marcus Albert Alves da. **INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM REDES DE SENSORES**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

Wireless sensors are present in our lives, are studied and used in many areas of knowledge . We can use a wireless sensor network (WSN) to detect and identify problems that require decisions about simple activities , or with high criticality . Areas such as meteorology, traffic engineering , medicine , security , among other has become increasingly more important as it is able to interoperate and interpret data arising from these devices correctly . The present study aims to analyze the possibilities for data interoperability in a heterogeneous network of wireless sensors under the semantic approach . By conducting a literature review of possible paths for data interoperability among heterogeneous sensors , by using the concepts of semantic web and ontologies . Could indicate a likely advantage of the strengths of each approach in future work .

Keywords: Data interoperability, semantic web, sensor network, semantic sensor network, ontologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Modelo básico de rede de sensores (fonte:(TAVARES, 2002))	18
Figura 2.2 – Estrutura básica de um sensor.(Fonte:(TAVARES, 2002))	18
Figura 2.4 - A pilha de protocolos de uma rede de sensores sem fio.(DELICATO, 2005).....	20
Figura 2.5 - Crescimento nas consultas realizadas no Google sobre Idc.....	27
Figura 2.6 – Visão global da Verdadeira internet das coisas. fonte: (ATZORI et al., 2010).....	28
Figura 2.7 – Representação em forma de grafo de tripla RDF.	36
Figura 3.1 – visão geral da SSN, classes e propriedades	42
Figura 3.2 – Alinhamento entre as ontologias SSN e DOLCE UltraLite.....	43
Figura 3.3 – Stimulus Sensor Observation (SSO) Pattern (fonte: COMPTON et al., 2012).....	44
Figura 3.4 – Classes em destaque focadas nas capacidades (fonte:COMPTON et al., 2012) ..	45
Figura 3.5 – Classes da perspectiva do sistema. (fonte:COMPTON et al., 2012)	46
Figura 3.6 – Visão do sistema do WM30. (fonte:Compton 2009).....	47
Figura 3.7 – Método de sensoriamento do WM30. (fonte:Compton 2009).....	48
Figura 3.8 – Faixa de operação do WM30. (fonte:Compton 2009).....	48
Figura 3.9 – Faixa de sobrevivência do WM30. (fonte:Compton 2009)	49
Figura 3.10 – Faixa de sobrevivência do WM30. (fonte:Compton 2009)	49
Figura 3.11 – Perspectivas da abordagem. (fonte:(BRANDT et al., 2013))	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de Sensores quanto à configuração	21
Tabela 2 – Classificação dos sensores segundo o sensoriamento.	22
Tabela 3 – Classificação de sensores segundo a comunicação.	23
Tabela 4 – Amostragem da evolução dos protocolos em redes de Sensores sem fio	24
Tabela 5 – Resumo das principais classes e restrições da linguagem OWL.	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 MOTIVAÇÃO	13
1.2 OBJETIVO GERAL.....	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 REDES DE SENSORES SEM FIOS	17
2.2 CARACTERÍSTICAS E PROTOCOLOS DE REDES DE SENSORES SEM FIOS.....	21
2.3 INTEROPERABILIDADE DE DADOS SEMÂNTICA E SINTÁTICA.	25
2.4 A INTERNET DAS COISAS.	26
2.5 A WEB SEMÂNTICA E SUAS POSSIBILIDADES.	31
2.6 ONTOLOGIAS	33
2.6.1 Linguagens para Representação de Ontologias.....	35
3 TRABALHOS RELACIONADOS	40
3.1 SEMANTIC SENSOR NETWORK(SSN).	40
3.1.1 Exemplo Prático de Uso da (SSN).	47
3.2 INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA EM APLICAÇÕES COM SENSORES.....	50
3.3 USABILIDADE E INTEROPERABILIDADE EM UMA REDE DE SENSORES.....	52
4 ESTUDO COMPARATIVO DAS ABORDAGENS	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, os sensores sem fio encontram-se cada vez mais presentes em nossas vidas e são estudados e utilizados em diversas áreas do conhecimento. É possível usar uma rede de sensores sem fio (*RSSF*) para detectar e identificar problemas, que demandam decisões acerca atividades simples, ou com elevado grau criticidade. Conforme afirma (SHETH; HENSON; SAHOO, 2008), sensores estão presentes em setores como o da meteorologia, aplicados a previsão do tempo e detecção de incêndios; da engenharia de trânsito, no gerenciamento de tráfego de veículos e pessoas, da medicina no monitoramento de sinais vitais de pacientes; na segurança, realizando a detecção de níveis de radiação, dentre outras inúmeras aplicações.

Esse conjunto de sensores mesmo aplicados a um mesmo domínio do conhecimento apresentam variações no emprego, e no modo como produzem os dados. Sensores meteorológicos podem medir umidade, temperatura, pressão, sendo que cada um deles além produzir dados independentes, podem ser de fabricantes diferentes, contudo os dados gerados por eles deverão ser integrados, a fim de produzir informação significativa. Segundo (CHAVES et al., 2013) o gerenciamento de uma rede de sensores heterogêneos é uma tarefa complexa. Cabe ainda salientar, que a interoperabilidade e integração dos dados produzidos é fator determinante, na correta análise das informações produzidas. Estudos vêm sendo realizados no sentido de interoperar dados de sensores heterogêneos, com especial destaque a questão semântica dos dados. Esta intenção justifica-se, pelo fato de o dado gerado poder mudar de significado em função do contexto em que ele se encontra.

Com exemplo, pode-se indicar que valores de temperatura e pressão ligados ao meio ambiente apresentam um significado, mas quando aplicados a indicadores corporais de um ser humano, possuem outra conotação (BRANDT et al., 2013). Esta nova forma e olhar que muda o significado dos dados demonstra a importância do significado semântico na análise dos dados produzidos por uma RSSF. Neste sentido que conceitos envolvendo a internet das coisas(ATZORI; IERA; MORABITO, 2010), web semântica (BERNERS-LEE et al., 2001) e ontologias, (GUARINO; OBERLE; STAAB, 2009) tem sido abordados como possíveis ferramentas, que podem colaborar com a interoperabilidade de dados envolvendo sensores heterogêneos.

1.1 Motivação

Na atualidade é notório que as RSSF vêm evoluindo para o que se pode chamar de internet das coisas, paradigma que se destaca no cenário moderno das telecomunicações sem fio. O termo “Internet da coisas” envolve diversas tecnologias e áreas de pesquisa, que tornam possível a presença da internet no mundo real dos objetos físicos. Tecnologias como RFID (*Radio-Frequency IDentification*), redes sem fio de curto alcance, localização em tempo real e redes de sensores estão se tornando cada vez mais difundida, tornando a Internet das coisas uma realidade(FEKI et al., 2013). Cada coisa pode ser identificada e monitorada, porém estes dados e seus significados também podem variar em função do tempo, contexto ou aplicação.

Dentro do tema interoperar, observa-se que protocolos de comunicação para exportação de dados de sensores têm sido desenvolvidos e empregados, fazendo com que dados de sensores sejam compartilhados por aplicações de software. Porém segundo (BRANDT et al., 2013) pouca atenção tem sido aplicada a Interoperabilidade de redes de sensores sob o nível semântico. Este fato dificulta o emprego da mesma rede de sensores em diferentes aplicações. Neste sentido observam-se pesquisas que demonstram soluções eficientes de interoperabilidade, por meio de Webservice e arquiteturas, como o SOAP e o REST. Neste contexto, pode-se observar o trabalho de (JIMENEZ-FERNANDEZ; DE TOLEDO; DEL POZO, 2013a) que integra dados de sensores biomédicos, com foco, na passagem dos dados, de forma estruturada, de um sistema para outro, sem o devido enfoque semântico. Por outro lado, outras pesquisas ligadas a questão semântica, associada à interoperabilidade como o trabalho de (BRANDT et al., 2013) que também integra e interopera dados de sensores que monitoram dados de sinais vitais, porém com enfoque semântico, ou seja, os dados são interpretados segundo o contexto semântico, ou melhor a maneira com eles devem ser interpretados no ambiente em que se encontram. Seguindo está mesma linha, o trabalho de (CHAVES et al., 2013) que busca tratar registros semânticos de uma rede de sensores heterogêneos. Com base em conceitos apresentados por (COMPTON et al., 2012), com sua proposta de construção de ontologia para uma rede de sensores, intitulada de SSN (*Semantic Sensor Network*) e suas possíveis aplicações. Além dos

desafios propostos por (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010), que descrevem a internet das coisas como uma tendência incontestável do futuro das redes de sensores. Além dos diversos cenários de aplicação para os próximos anos, descritos por (GUBBI et al., 2013), é notória a relevância de um trabalho que analise as possibilidades de interoperabilidade em uma rede de sensores, sob o aspecto semântico.

1.2 Objetivo geral

Analisar as possibilidades de interoperabilidade de dados em uma rede de sensores heterogêneos, sob o enfoque semântico.

1.3 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão de literatura acerca de possíveis caminhos para interoperabilidade de dados entre sensores heterogêneos, por meio do uso de conceitos de web semântica e ontologias.
- Realizar análise visando um possível aproveitamento dos pontos fortes de cada abordagem em trabalhos futuros.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho encontra-se organizado da forma que se segue: na seção 2, uma revisão de literatura sobre interoperabilidade de dados, a internet das coisas, web semântica, Ontologias e suas formas de representação. Na seção 3, são apresentados trabalhos relacionados à interoperabilidade de dados envolvendo redes de sensores. Na seção 4, será apresentada uma breve análise comparativa entre abordagem

que não leva em conta o aspecto semântico e pesquisas focadas na semântica dos dados. Na seção 5, são apresentadas as considerações finais e indicações de trabalhos futuros, seguidos das referências bibliográficas, na seção 6.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Faz-se necessária uma revisão de literatura, com o objetivo de atingir um embasamento teórico sobre, redes de sensores interoperabilidade de dados semântica e sintática, a internet das coisas, web semântica, Ontologias e suas formas de representação.

O enfoque desta pesquisa é em rede de sensores, porém por se tratar de um tema abrangente, serão abordadas com maior detalhe as características de redes de sensores sem fio.

2.1 *Redes de sensores sem fios*

Quando um conjunto de sensores sem fio,, monitora de forma cooperativa a área de um determinado ambiente, eles formam uma rede de sensores sem fio (DARGIE; POELLABAUER, 2010). Este tipo de rede possui características e requisitos específicos. Na verdade essas redes funcionam como sistemas de aquisição de dados, realizando tarefas de sensoriamento de maneira distribuída.

A obtenção dos dados é feita por meio de nós sensores, conectados a pontos chamados de sorvedouros ou sink; que são conectados a pontos de saída de rede, conforme pode ser observado na Figura 2.1.

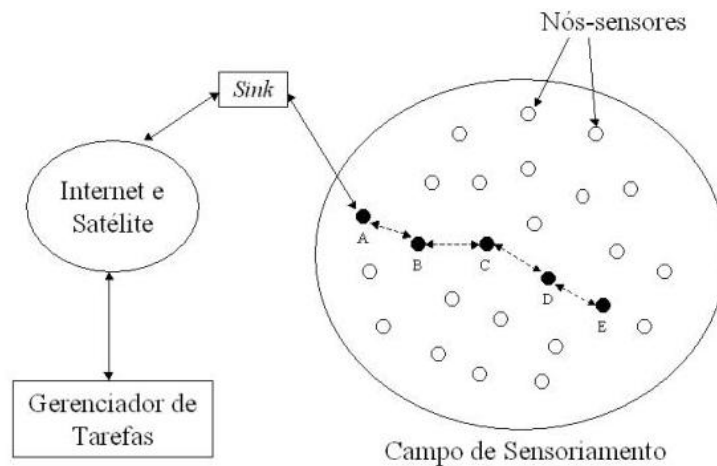


Figura 2.1 - Modelo básico de rede de sensores (fonte:(TAVARES, 2002))

Contudo os sensores, sejam eles com ou sem fio, apresentam características comuns que podem ser determinantes, no momento em que é necessária a definição de qual sensor deverá ser empregado em uma aplicação específica. Um sensor é composto de quatro componentes básicos a saber: unidade de sensoriamento, unidade de processamento, unidade de transmissão/recepção e unidade de energia. Ele pode também possuir, dependendo da aplicação, uma unidade de localização, uma unidade de geração de energia e uma unidade de movimentação, de acordo com o que é apresentado na Figura 2.2.

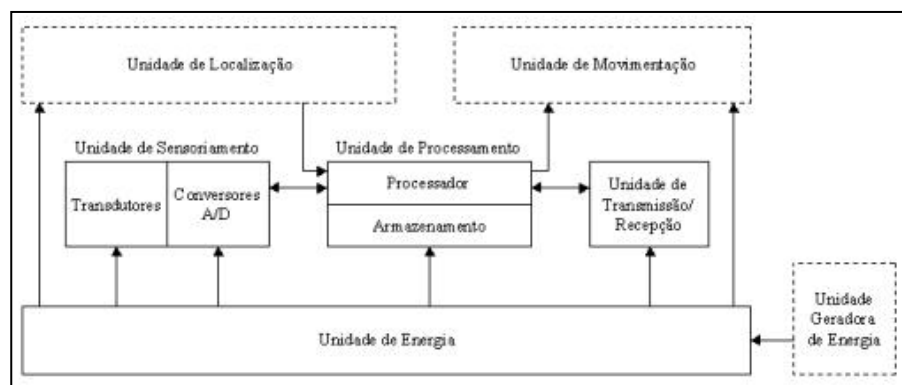


Figura 2.2 – Estrutura básica de um sensor.(Fonte:(TAVARES, 2002))

Segundo FLORIDO 2008, uma rede de sensores sem fio pode ser representada em três camadas a saber: infraestrutura; pilha de protocolos; e aplicação, como mostra a Figura 2.3. A camada de infraestrutura está ligada às características físicas e capacidades dos sensores, quantidade de sensores e à estratégia de emprego. Já a pilha de protocolos refere-se à implementação das diversas camadas de protocolos existentes em cada nó da rede. Finalizado a camada de aplicação representa os interesses do usuário, que podem variar em função do contexto em as tarefas de sensoriamento serão executadas pela rede.



Figura 2.3- Estrutura geral de uma rede de sensores

De acordo com (TAVARES, 2002) e (DELICATO, 2005), somente por meio de uma pilha de protocolos, é possível descrever toda estrutura de uma rede de sensores. A esta pilha de protocolos são adicionadas dimensões que representam os planos de gerenciamento de energia, gerenciamento de mobilidade e gerenciamento de tarefas. A estrutura consiste de uma camada de aplicação, uma camada de transporte, uma de rede, uma de enlace, e uma camada física. De forma análoga ao que foi descrito por (FLORIDO, 2008), os softwares

da camada de aplicação estão condicionados às tarefas de sensoriamento. A camada de transporte ajuda a manter o fluxo de dados caso seja necessário. A camada de rede é encarregada do roteamento dos dados. A camada de enlace, por intermédio de seus protocolos deve estar ciente da energia disponível e ser capaz de minimizar o número de colisões com as transmissões vizinhas. A camada física lida com as necessidades de um simples mas robusto sistema de modulação e com as técnicas de transmissão e recepção. Além disso, os planos de energia, mobilidade e tarefas monitoram a energia, movimentação e distribuição de tarefas entre os nós sensores. Esses planos ajudam os nós sensores a coordenar as tarefas de sensoriamento e reduzir o consumo total de energia. O plano de gerenciamento de energia cuida de como os nós sensores usam sua energia, como pode ser observado na Figura 2.4.

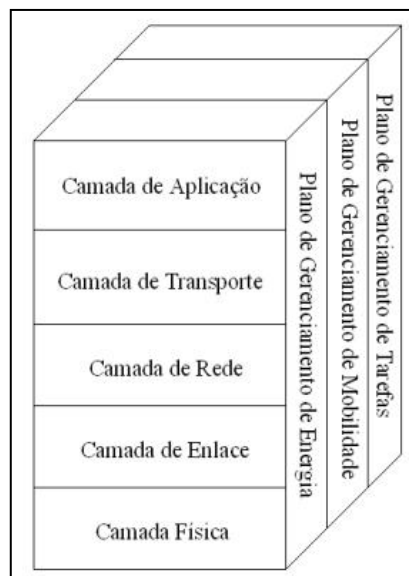


Figura 2.4 - A pilha de protocolos de uma rede de sensores sem fio.(DELICATO, 2005)

2.2 Características e Protocolos de Redes de sensores sem fios

Vários protocolos são empregados em redes de sensores. A escolha correta está direcionada a vários fatores. Dentre ele é possível citar o tipo de sensor, a topologia de rede empregada, o que será monitorado, sob quais condições os sensores irão operar, o tempo de resposta esperado, ou seja, se os dados produzidos serão aplicados a um sistema de tempo real. Estes fatores constituem características que classificam os sensores de diferentes formas..

A Tabela 1, definida por (RUIZ; CORREIA; VIEIRA, 2004), mostra a classificação dos sensores quanto à configuração.

Tabela 1- Classificação de Sensores quanto à configuração

Configuração		
Composição	Homogênea	Rede composta de nós que apresentam a mesma capacidade de hardware. Eventualmente os nós podem executar software diferente
	Heterogênea	Rede composta por nós com diferentes capacidades de hardware.
Organização	Hierárquica	RSSF em que os nós estão organizados em grupos (clusters). Cada grupo ter a um líder (<i>cluster-head</i>) que poderá ser eleito pelos nós comuns. Os grupos podem organizar hierarquias entre si.
	Plana	Rede em que os nós não estão organizados em grupos
Mobilidade	Estacionária	Todos os nós sensores permanecem no local onde foram depositados durante todo o tempo de vida da rede.
	Móvel	Rede em que os nós sensores podem ser deslocados do local onde inicialmente foram depositados.
Densidade	Balanceada	Rede que apresenta uma concentração e distribuição de nós por unidade de área considerada ideal segundo a função objetivo da rede.
	Densa	Rede que apresenta uma alta concentração de nós por unidade de área.
	Esparsa	Rede que apresenta uma baixa concentração de nós por unidade de área.
Distribuição	Irregular	Rede que apresenta uma distribuição não uniforme dos nós na área monitorada.
	Regular	Rede que apresenta uma distribuição uniforme de nós sobre a área monitorada

Neste caso, aspectos como composição, organização, mobilidade, densidade e distribuição são considerados.

Já a Tabela 2 mostra a visão, proposta pelo mesmo autor, da classificação dos sensores quanto ao sensoriamento.

Tabela 2 – Classificação dos sensores segundo o sensoriamento.

Sensoriamento		
Coleta	Periódica	Os nós sensores coletam dados sobre o(s) fenômeno(s) em intervalos regulares. Um exemplo são as aplicações que monitoram o canto dos pássaros. Os sensores farão a coleta durante o dia e permaneceram desligados durante a noite
	Contínua	Os nós sensores coletam os dados continuamente. Um exemplo são as aplicações de exploração interplanetária que coletam dados continuamente para a formação de base de dados para pesquisas
	Reativa	Os nós sensores coletam dados quando ocorrem eventos de interesse ou quando solicitado pelo observador. Um exemplo são as aplicações que detectam a presença de objetos na área monitorada
	Tempo Real	Os nós sensores coletam a maior quantidade de dados possível no menor intervalo de tempo. Um exemplo são aplicações que envolvem risco para vidas humanas tais como aplicações em escombros ou áreas de desastres. Um outro exemplo são as aplicações militares onde o dado coletado é importante na tomada de decisão e definição de estratégias

A forma com o sensor irá se comportar é bem definida na Tabela 2, no que se refere a maneira como os dados serão coletados no ambiente em que será empregados.

Já a tabela 3, também proposta por (RUIZ; CORREIA; VIEIRA, 2004), apresenta a classificação dos sensores quanto a forma de comunicar, envolvendo atributos como disseminação, transmissão e seus tipos, formas de alocação de canal e fluxo de informação. Cabe ainda destacar que este conjunto de informações será determinante na escolha dos dispositivos, bem como os protocolos de comunicação.

Tabela 3 – Classificação de sensores segundo a comunicação.

Classificação segundo a Comunicação		
Disseminação	Programada	Os nós disseminam em intervalos regulares.
	Contínua	Os nós disseminam os dados continuamente.
	Sob Demanda	Os nós disseminam os dados em resposta à consulta do observador e a ocorrência de eventos.
Tipo Conexão	Simétrica	Todas as conexões existentes entre os nós sensores, com exceção do nó sorvedouro têm o mesmo alcance.
	Assimétrica	As conexões entre os nós comuns têm alcance diferente.
Transmissão	Simplex	Os nós sensores possuem transceptor que permite apenas transmissão da informação.
	Half-Duplex	Os nós sensores possuem transceptor que permite transmitir ou receber em um determinado instante.
	Full-duplex	Os nós os sensores possuem transceptor que permite transmitir ou receber dados ao mesmo tempo.
Alocação de Canal	Estática	Neste tipo de rede se existirem “n” nós, a largura de banda é dividida em “n” partes iguais na frequência (FDMA – <i>Frequency Division Multiple Access</i>), no tempo (TDMA – <i>Time Division Multiple Access</i>), no código (CDMA – <i>Code Division Multiple Access</i>), no espaço (SDMA – <i>Space Division Multiple Access</i>) ou ortogonal (OFDM – <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>). A cada nó é atribuída uma parte privada da comunicação, minimizando interferência.
	Dinâmica	Neste tipo de rede não existe atribuição fixa de largura de banda. Os nós disputam o canal para comunicação dos dados.
Fluxo de Informação	Flooding	Neste tipo de rede, os nós sensores fazem broadcast de suas informações para seus vizinhos que fazem broadcast desses dados para outros até alcançar o ponto de acesso. Esta abordagem promove um alto overhead mas está imune às mudanças dinâmicas de topologia e a alguns ataques de impedimento de serviço (DoS – <i>Denial of Service</i>).
	Multicast	Neste tipo de rede os nós formam grupos e usam o multicast para comunicação entre os membros do grupo.
	Unicast	Neste tipo de rede, os nós sensores podem se comunicar diretamente com o ponto de acesso usando protocolos de roteamento multisaltos.
	Gossiping	Neste tipo de rede, os nós sensores selecionam os nós para os quais enviam os dados.
	Bargaining	Neste tipo de rede, os nós enviam os dados somente se o nó destino manifestar interesse, isto é, existe um processo de negociação.

A idéia das tabelas apresentadas é dar noção aproximada diversidade de indicadores que um projetista deve fazer uso, para uma adequada implementação e implantação de uma rede de sensores.

A características das redes de sensores fomentaram demandas de criação de inúmeros protocolos de comunicação, nas diversas camadas de sua estrutura.

Tabela 4 – Amostragem da evolução dos protocolos em redes de Sensores sem fio

Camada	Protocolos.	
	(RUIZ et al., 2004)	(DARGIE; POELLABAUER, 2010)
Rede	DD, SPIN, SAR, MULTI, STORM, PROC, TinyBeacoming, LEACH, LEACH-C, TEEN, PEGASIS, ICA, GEOMOTE, GEAR, GPSR	<p>Protocolos de roteamento de dados centralizados Sensor Protocols for Information via Negotiation SPIN SPIN-PP, SPIN-EC, SPIN-BC, SPIN-RL Directed Diffusion Rumor Routing Gradient-Based Routing</p> <p>Protocolos de Roteamento Proativos Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) Optimized Link State Routing (OLSR)</p> <p>Protocolos de Roteamento sob Demanda Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Dynamic Source Routing (DSR)</p> <p>Protocolos de Roteamento Hierárquico PEGASI LEACH</p> <p>Protocolos de Roteamento baseados em Localização Unicast Location-Based Routing GPRS, GAF, Multicast Location-Based Routing Scalable Position-Based Multicast (SPBM) Geocasting GEAR, GFPG</p> <p>Protocolos de Roteamento baseados em QoS SAR, SPEED, MMSPEED</p>
Enlace	S-MAC, ARC, T-MAC, B-MAC, DE-MAC, TRAMA	<p>CSMA, MACA, MACAW, MACA by Invitation, IEEE 802.11, IEEE 802.15.4 e ZigBee</p> <p>Contention-Based MAC Protocols Power Aware Multi-Access with Signaling Sensor MAC Timeout MAC Pattern MAC Routing-Enhanced MAC Data-Gathering MAC Preamble Sampling and WiseMAC Receiver-Initiated MAC</p> <p>Hybrid MAC Protocols Zebra MAC Mobility Adaptive Hybrid MAC</p>
Física	Transmissão RF, Óptica e Infravermelho.	Transmissão RF, Óptica e Infravermelho. Source e Channel encoding.

A Tabela , mostra, uma amostragem de protocolos, das camadas físicas, de enlace e camada de rede, cobrindo um intervalo temporal que envolve os trabalhos de (RUIZ; CORREIA; VIEIRA, 2004) e de (DARGIE; POELLABAUER, 2010). Não foram levados em conta, protocolos ligados à segurança, gerencia de energia, etc. Desta forma é notório que há uma constante evolução dos protocolos, em função das características de configuração, sensoriamento e comunicação.

Contudo cabe salientar, que todos estes conjuntos de protocolos têm a finalidade de transportar o dado coletado pelo nó sensor, no ambiente que ele se encontra instalado. Em seguida, transportá-lo pelas diversas camadas e entregar valores, sejam eles numérico ou textuais, a camadas de aplicação. Somente a partir deste momento, o dado passa a ser trabalhado e pode se tornar informação relevante. É neste contexto, na camada de aplicação, que a questão semântica, tem papel fundamental, pois o contexto semântico poderá mudar a interpretação do dado coletado, por meio de uma interpretação semântica dos dados, será possível interoperar e integrar os dados de uma rede de sensores heterogêneos.

2.3 interoperabilidade de dados semântica e sintática.

Segundo (PARK; RAM, 2004), o gerenciamento de dados em ambientes heterogêneos é um grande desafio.. Informações podem ser produzidas e armazenadas em vários formatos, conflitantes. Ao invés de apenas fazer o processamento dos dados é preciso que estes dados possam ser exportados para outras aplicações. Estabelecer a interoperabilidade semântica entre fontes de informação heterogêneas e distribuídas, ou seja, como o dados devem ser analisados pelas parte, tem sido um problema crítico despertando o interesse de pesquisadores (COMPTON et al., 2012).

Diferentes interpretações de mesmo dado tornam a tarefa de integrar extremamente difícil, pois cada fonte de dado pode operar dentro de um contexto diferente, o que leva a uma extensa

heterogeneidade semântica (MADNICK, 1999). A interoperabilidade semântica oferece a possibilidade de resolver conflitos semânticos decorrentes de diferenças de significados implícitos, criando um ambiente semanticamente compatível. Já a interoperabilidade sintática, que deveria trabalhar em conjunto com a semântica, permite que vários componentes de software se comuniquem, embora suas linguagens de implementação, interfaces e plataformas de execução sejam diferentes, contudo sem se preocupar com o contexto semântico. Observa-se que padrões como XML e Web Services baseados no SOAP (*Simple Object Access Protocol*), UDDI (*Universal, Description, Discovery, and Integration*) e WSDL (*Web Service Description Language*), possam resolver problemas de interoperabilidade em nível de aplicação. Desta forma a interoperabilidade sintática dá uma solução de tecnologia, enquanto a interoperabilidade semântica oferece uma solução semiótica, linguística e filosófica. A concepção de um ambiente semanticamente interoperável, implica em detectar e resolver conflitos de compatibilidades na semântica de dados e de estruturas.

2.4 A internet das coisas.

A Internet das Coisas (*Internet of Things*) vai unir o mundo digital ao mundo real, permitindo que os objetos façam parte dos sistemas de informação. Com a Internet das Coisas pode-se inserir inteligência à infraestrutura física que modela a sociedade.

Segundo os estudos de (GUBBI et al., 2013), é notório o crescimento do número de pesquisas realizadas no Google acerca do assunto internet das coisas, como pode ser observado na Figura 2.5.

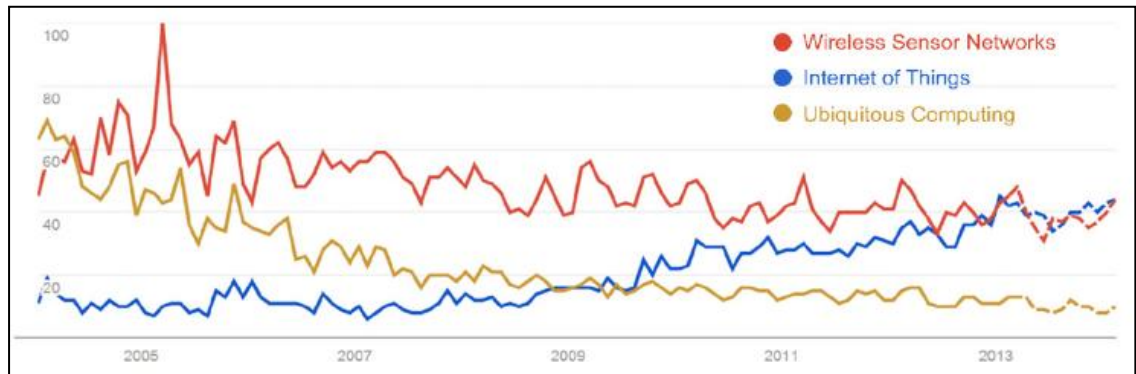


Figura 2.5 - Crescimento nas consultas realizadas no Google sobre Idc
Fonte:(GUBBI et al., 2013)

Com tecnologias miniaturizadas e inteligência incluída nos limites mais externos das redes, é possível que processos de gestão e operação de cidades sejam descentralizados, em virtude da inteligência incluída. Decisões poderão ser tomadas localmente, aumentando o desempenho, a escalabilidade e o tempo de resposta das decisões. Sensores instalados em um automóvel podem enviar sinais em tempo real a um algoritmo, que poderá ser executado em um processador no próprio veículo. Produzindo desta maneira, decisões que podem melhorar a segurança de sua condução. Ou informações direcionadas a uma central, podem monitorar o percurso, identificar possível furto, bem como analisar o comportamento do condutor no trânsito.

Atualmente o significado da internet das coisas acaba sendo associados simplesmente a simples dispositivos vai muito além do uso de Radio-Frequency Identification (*RFID*). Apesar do termo estar

associado aos Auto-ID Labs, uma rede mundial acadêmica de laboratórios de investigação no domínio da rede RFID e tecnologias de sensoriamento emergentes. A internet das Coisas (IdC) envolve coisas que têm identidades e personalidades virtuais que operam em espaços inteligentes utilizando interfaces inteligentes para se conectar e se comunicar dentro do contexto do usuário, social e ambiental.

Segundo a Figura 2.6, o paradigma formado pela convergência de três conjuntos de visões, constitui a verdadeira “internet das coisas”. Ela é representada pela interseção das visões orientada a coisas, mais ligada aos dispositivos que identificam unicamente os objetos; visões orientadas a internet, que se preocupam em conectar as coisas na rede mundial de computadores e finalmente a visão orientada a semântica que tem como objetivo oferecer o contexto adequado, possibilitando a correta interpretação das coisas.

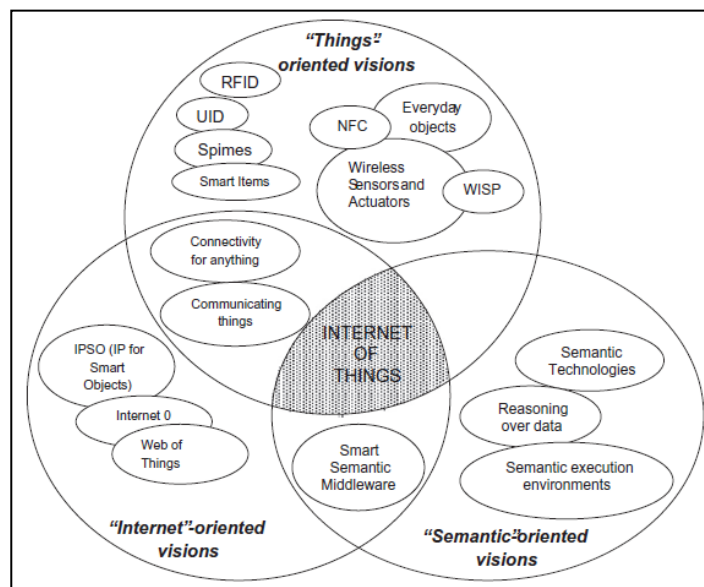


Figura 2.6 – Visão global da Verdadeira internet das coisas. fonte: (ATZORI et al., 2010)

A IdC é a arquitetura que pode permitir a implantação de serviços e aplicações independentes federados, caracterizada pelo elevado grau de autonomia na captura de dados, transferência de eventos, conectividade de rede e interoperabilidade. (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Este pode ser considerado o ponto de interseção entre a visão orientada a coisas e a visão orientada a internet. Portanto, questões relacionadas com a forma de representar, armazenar, conectar, armazenar, pesquisar e organizar as informações geradas pela IdC, são um desafio. Neste contexto, tecnologias semânticas podem desempenhar um papel fundamental. Na verdade, podem explorar soluções de modelagem apropriadas para a descrição das coisas, além de poder empregar o raciocínio sobre os dados gerados pela Internet das coisas.

Buscando um maior detalhamento técnico a cerca dos dispositivos que compõem a IdC, os dispositivos chamados de Tag (etiqueta) RFID normalmente, são passivos, ou seja, não possuem, a bordo, de fontes de alimentação. A energia necessária para a transmissão de seu ID, é retirada do sinal de consulta recebido, transmitido por um leitor RFID, normalmente instalado nas proximidades. Este sinal gera uma corrente na antena do dispositivo e, por indução, uma corrente que será utilizada para fornecer energia ao microchip que irá transmitir a ID da etiqueta. Usualmente, o ganho (potência do sinal recebido pelo leitor dividida pela energia do sinal transmitido pelo mesmo leitor) que caracteriza estes sistemas, é muito baixo. No entanto, graças às antenas altamente diretivas utilizadas pelos leitores, o sinal emitido por

TagRFID podem ser recebidos em uma faixa de rádio que alcança alguns metros. A transmissão pode ocorrer em várias bandas de frequência que vão desde as baixas frequências (*LF*) em 124-135 kHz até altas frequências (*UHF*) de 860-960 MHz que tem o maior alcance.

No entanto, há etiquetas RFID que recebem alimentação por baterias. Neste caso, pode-se identificar dois tipos semipassivas, ativas. As semipassivas alimentam o dispositivo, enquanto não recebe o sinal proveniente do leitor, momento em que para de alimentá-lo e passa funcionar do modo passivo.

Redes de sensores também vai desempenhar um papel crucial na Internet das coisas. Na verdade, eles podem cooperar com sistemas RFID para melhor acompanhar o estado das coisas, ou seja, a sua localização, temperatura, movimentos, etc. Como tal, eles podem melhorar o conhecimento acerca de um determinado ambiente e, assim, agir como mais uma ponte entre o mundo físico e o mundo digital. (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010)

O projeto EU FP7 IoT.est¹ (Internet of Things Environment for Service Creation and Testing), pretende criar um serviço de criação orientado a testes e ambiente de implementação para Internet das Coisas. Serviços de negócios habilitados. Uma ontologia para descrever os conceitos do domínio da Internet das coisas, tais como Recursos e Serviços tem sido desenvolvido. A ontologia será utilizada para apoiar os processos de recursos e serviços de descoberta, de composição, de teste, de adaptação e de compensação.

¹ disponível em <http://ict-iotest.eu/iotest/node/1>

2.5 A web semântica e suas possibilidades.

A internet alterou de forma significativa a forma de compartilhar conhecimento, reduzindo as barreiras de acesso e publicação em um espaço global de informação.. Mesmo estando os documentos conectados, segundo (BERNERS-LEE et al., 2010), os dados ainda se apresentam, em sua maioria, como CSV, XML ou codificado por meio de HTML, linguagem que não permitem a inserção ou representação adequada de conteúdo semântico inteligível por agentes e softwares de raciocínio. Em virtude dessas poucas possibilidades de representação semântica, a estrutura semântica fica prejudicada.

De acordo com o que vem sendo apresentado por pesquisadores focados no assunto (BERNERS-LEE et al., 2010) e (BREITMAN, 2010), a web semântica traz a possibilidade de introduzir características semânticas(*inserção de conceitos, vinculados a domínios do conhecimento, que contextualizam os dados*) em conteúdos não estruturados, tais como textos livres, páginas em HTML. Como exemplo de característica semântica pode-se imaginar um documento contendo informações de frequência cardíaca de uma pessoa. Caso estes valores se refiram a uma pessoa internada em um centro de terapia intensiva os valores serão analisados segundo o contexto semântico de pacientes críticos, contudo se os mesmos valores estivessem associados a um pessoa correndo em uma academia, teríamos uma interpretação diferente, em virtude do novo contexto. Estas características fazem com que as informações contidas nestes tipos de

documentos possam ser processáveis por meio de computadores. Essa é a proposta revolucionária do que é a Web Semântica, inovadora forma de inserir conteúdo inteligível por máquinas, inclusive em documentos web (BERNERS-LEE et al., 2001). Desta maneira, por exemplo, agentes de softwares poderiam auxiliar uma paciente encontrar um médico ortopedista e um tratamento de fisioterapia levando em conta as suas disponibilidades de horário, e a proximidade do local de moradia da paciente. Para (BREITMAN, 2010), a ideia central da web semântica é categorizar a informação de maneira padronizada, facilitando o seu acesso.

A inserção de conteúdo semântico possui algumas vertentes em sua aplicação. Cabe destacar que pode-se adicionar conteúdo por meio de metadados, como é o caso do Dublin Core Metadata Initiative², que é um esquema de metadados que visa descrever objetos digitais, tais como, vídeos, sons, imagens, textos e sites na web. Pode-se destacar o PROV³ vocabulário para descrever proveniência, ou seja, a origem de conteúdos na web, já descrito em linguagem OWL⁴(*Web Ontology Language*). Um outro esquema de representação dados que merece ser citado é o Foaf⁵ (*Friend of a friend*), que viabiliza a criação de páginas descrevendo pessoas, suas relações, suas criações, ações e preferências, sendo considerado uma ferramenta poderosa em processamento e análise de dados ligados a redes sociais. Já na área de redes é possível observar iniciativas apoiadas pelo W3C(*World Wide*

² disponível em <http://dublincore.org/>

³ disponível em <http://www.w3.org/TR/2012/CR-prov-o-20121211/>

⁴ Disponível em <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

⁵ disponível em <http://www.foaf-project.org>

Web Consortium), como a *Semantic Sensor Network* (COMPTON et al., 2012), ontologia que introduz conceitos de web semântica em redes de sensores.

2.6 Ontologias

A palavra ontologia, oriunda do grego *ontos* e *logoi*, que traz como significado "conhecimento do ser". Em sua conceituação filosófica, trata do ser enquanto ser, isto é, do ser concebido como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres. Tendo como seu registro mais primitivo, escrito em latim, o trabalho *Ogdoas Scholástica*, de Jacob Loard (Lorhardus) em 1606. Trata-se de um livro de escola primária, que destaca o uso Lorhard de árvores diagramáticas para representar o conhecimento. (SALM JUNIOR, 2012)

Seguindo um viés que valoriza uma forma de representar conhecimento mais sofisticado, ligado aos significados filosóficos de cada objeto a ser representado. Pode-se verificar uma forma de categorização do conteúdo semântico associada a um modelo formal de representação do conhecimento chamado de ontologia. São muitas as definições de pesquisadores acerca da palavra ontologia. Para (NECHES et al., 1991), uma ontologia define os termos básicos e relações garantindo um vocabulário de uma área, bem como as regras para combinação dos termos e relações que definem as extensões do próprio vocabulário. Para (GRUBER, 1995), ontologias são modelos formais de especificações explícitas de conceitualizações compartilhadas. Enquanto (BORST, 1997) acrescenta que se trata de

uma teoria lógica que proporciona uma explícita e parcial conceitualização. Um conjunto de axiomas lógicos projetados que são responsáveis pelo sentido pretendido de um vocábulo. Ainda segundo GUARINO et al.; (2009) não é cabível comparar ontologia com as ciências experimentais, que visam à descoberta e a modelagem da realidade sob uma determinada perspectiva. A ontologia centra-se na natureza e estrutura das coisas em si, independente de quaisquer outras considerações ou de sua real existência. Numa visão mais próxima da ciência da computação GANGEMI e PRESUTTI (2009) afirmam que ontologias computacionais, no contexto de sistemas de informação são artefatos que codificam uma descrição de um determinado mundo(real, contra factual, possível, impossível, desejado, etc.). O World Wide Web Consortium - W3C (2004), afirma que uma ontologia define os termos usados na descrição e representação de uma área do conhecimento, a definição de classes(ou conceitos), que são coisas gerais no domínio de interesse e suas relações(ou atributos) que as coisas podem ter. Segundo (GOMES, 2012) ontologias oferecem subsídios para uma descrição rica das informações através de conceitos e instâncias que, quando associados a cláusulas lógicas, permitem a descoberta de informações implícitas. O W3C ainda destaca que ontologias e outras tecnologias semânticas podem ser a chave para redes de sensores. Esta união pode facilitar a interoperabilidade e integração semânticas.

2.6.1 Linguagens para Representação de Ontologias.

Em meio à necessidade de representar o conhecimento contido nas ontologias. Na década de 90, iniciativas baseadas em lógica de 1ª ordem, tais como o desenvolvimento da linguagem KIF (*Knowledge Interchange Format*) criada por Michael Genesereth e Richard Fikes da DARPA *knowledge Sharing Effort*.

Ao passo que a quantidade de conteúdo na web aumenta, surgem novas linguagens que representam ontologias. Essas linguagens, em sua maioria, são do tipo *Markup* (Linguagens de Marcação genéricas baseadas no uso de tags), como XML (*Extensible Markup Language*), RDF (*Resource Description Framework*) e OWL (*Web Ontology Language*) (BREITMAN, 2010). O XML é uma linguagem que possibilita a descrição de textos de maneira estruturada. Sendo um padrão definido pelo W3C a linguagem RDF tem a possibilidade de oferecer as primitivas básicas para a construção de ontologias simples. Visto que esta linguagem apresenta limitações, porque não possui conectivos lógicos para representar negação, disjunção, conjunção, etc. Fazendo com que ontologias mais ricas em propriedades desta natureza não possam ser descritas por esta linguagem. Apesar das limitações por meio da camada RDFS (*RDF-Schema*), extensão do RDF, pode-se construir hierarquias, classes, subclasses, propriedades e subpropriedades. Segundo (LASSILA et al., 1998) a linguagem RDF, representa metadados sobre recursos da Web, incluindo coisas que podem ser identificadas, ainda que não possam ser diretamente recuperadas. Recursos são descritos, por meio de termos de

propriedades e valores de propriedades como um grafo, cujos nós e arcos representam os recursos; suas propriedades e valores em declarações na forma de triplas, no formato de sujeito(recurso a ser descrito), predicado(propriedade do recurso sendo descrito) e objeto (valor associado ao sujeito). Recursos e propriedades são representados por URIs (*Universal Resource Identifiers*) Ex: <http://example.com/>. Pode-se ainda fazer referência a URI externas como por exemplo, a propriedade “creator” pertence ao padrão Dublin Core, com a URI:<http://purl.org/dc/elements/1.1/creator>.

Desta maneira a representação de tripla João(sujeito), e o criador(creator –predicado) do livro(objeto).



Figura 2.7 – Representação em forma de grafo de tripla RDF.

Grafo descrito na Figura 2.7 escrito da seguinte forma em RDF:.

```
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3c.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:ex="http://dataware.nce.ufrj.br/exemplo#">
xmlns:dc=" http://purl.org/dc/elements/1.1/#>r
<rdf:Description rdf:about="#João">
<dc:creator>
<ex:livro rdf:resource="http://.../rededesensores.html"/>
<ex:livro>
</dc:creator>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

O RDFS, possibilita a definição de classes e propriedades por meio das seguintes estruturas : **rdf:type** – tipo de relacionamento;

rdfs:subClassOf – define uma relação de hierarquia entre classe e subclasse; **rdfs:subPropertyOf** – define uma relação de hierarquia entre propriedade e subpropriedade; **rdfs:domain** – restringe as instâncias de uma propriedade à descrição de uma classe particular; **rdfs:range** – restringe as instâncias de uma propriedade a valores contidos em instâncias de uma classe particular.

As plataformas RDF e RDFS permitem a representação de modelos primitivos que lidam com a organização de vocabulários em hierarquias. No entanto, muitos outros recursos não são considerados, como combinação e disjunção de classes, escopo local de propriedades, restrições de cardinalidade e outras características especiais de propriedades, como unicidade, transitividade e inversibilidade. A linguagem OWL foi então proposta como uma alternativa mais rica em recursos e com mais poder de expressão que a plataforma RDF. No entanto, sua complexidade impossibilita um processamento eficiente pelos raciocinadores. Para isso a linguagem foi subdividida em sublinguagens, que provêm diferentes níveis de expressividade, atendendo diferentes requisitos. A OWL Lite atende requisitos de classificação hierárquica e restrições simples. Esta sublinguagem estende a linguagem RDF, mas não usa todas as características da linguagem OWL. A OWL-DL usa o vocabulário OWL completo. Contudo, OWL-DL está sujeita a algumas restrições. Com a OWL-DL busca-se obter o máximo de expressividade, sem comprometer a completeza e decidibilidade. Desta maneira pode-se garantir que todas as conclusões sejam computáveis e que sejam realizadas em um

tempo finito; OWL full oferece expressividade máxima somada à liberdade sintática da linguagem RDF, sem oferecer qualquer garantia computacional. OWL full pode ser entendida como uma extensão irrestrita de RDF, enquanto OWL-DL pode ser vista como uma extensão restrita de RDF com expressividade.

O conjunto de restrições e propriedades, baseados em lógica de 1ª ordem, descritos de forma resumida na Tabela , demonstra a riqueza de conteúdo que a linguagem pode proporcionar representando ontologias. Esta estrutura permite que programas, chamados de raciocinadores, aproveitando-se dos significados lógicos das expressões contidas na linguagem, possam realizar inferências. Isso significa que podem produzir conhecimento a partir dos conceitos de lógica de 1ª ordem.

Tabela 5 – Resumo das principais classes e restrições da linguagem OWL.

Versão	Categoria	Nome	Descrição	
OWL - FULL	OWL - DL	Igualdade e Desigualdade	Equivalentclass	usada para declarar classes sinônimas, possibilitando inferir que classes equivalentes têm as mesmas instâncias.
			SameAs	usado para criar diferentes nomes para um mesmo indivíduo
			EquivalentProperty	subpropriedade de sameAs, usada para declarar propriedades sinônimas, podendo inferir que indivíduos relacionados, por meio de uma propriedade também o são usando propriedades sinônimas
			DiferentFrom	estabelece relação de diferença entre indivíduos. Indica que dois nomes não se aplicam a um mesmo indivíduo.
			AllDiferent:	mostrar que indivíduos em um grupo são mutuamente distintos.
		Características de propriedades	InverseOf	indica o sentido inverso de uma propriedade P, onde para P(x,y) existe um inverso P1(y,x) e vice versa.
			TransitiveProperty	P é propriedade transitiva quando,
			SymetricProperty	Uma propriedade P é simétrica quando, $P(x,y) \leftrightarrow P(y,x)$
			FunctionalProperty	Em P(x,y), só se tem um único valor de y para cada instância de x, ou seja, cardinalidade mínima 0 e cardinalidade máxima 1
		Restrições de quantificadores sobre propriedades	InverseFunctional Property:	implica que a inversa da propriedade é funcional
			AllValuesFrom:	declarada em relação a uma propriedade, indica a que classe C, a instância de y, associada à propriedade deverá pertencer. Onde, $(P(x,y) \leftrightarrow y \in C)$.
		Restrições de Cardinalidade	SomeValuesFrom	declarada em relação a uma propriedade, indica a que classe C, ao menos uma instância de y, associada à propriedade deverá pertencer. Onde, $(P(x,y) \leftrightarrow y \in C)$
	maxCardinality minCardinality		Definem cardinalidade máxima e mínima de uma propriedade em relação a uma classe.	
	Classe de Interseção	IntersectionOf	usada para declarar interseções de classes com nome e restrições.	
	Dados na ontologia	Datatypes	Os tipos de dados OWL são emprestados de RDF e XML Schema.	
		Headers	Possibilitam a inclusão de ontologias, relacionamentos, e informações gerais sobre a ontologia.	
		Annotations	Indivíduos, propriedades, classes e cabeçalhos das ontologias podem receber anotações;	
	Restrições OWL-DL e OWL-Full	oneOf	usado para descrever classes através da enumeração de indivíduos;	
		hasValue	permite que uma propriedade tenha um certo indivíduo como valor. Um indivíduo será membro de tal classe sempre que pelo menos um dos valores das propriedades for igual ao valor do recurso hasvalue.	
		disjointWith	declara que classes são disjuntas entre si.	
		unionOf, complementOf e intersectionOf	Usadas para descrever combinações booleanas de classes e restrições.	
		Classes complexas		extensão OWL full para declaração arbitrária de classes complexas em diversas estruturas não permitidas em OWL Lite. Também em OWL full classes podem ser tratadas como indivíduos, isto é, instâncias de outras (meta) classes.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção serão apresentados abordagens relacionados à interoperabilidade de dados de sensores heterogêneos. Serão descritos os trabalhos de (COMPTON et al., 2012) sobre SSN (*Semantic Sensor Network*), de (BRANDT et al., 2013) que trata de um proposta e exemplo de uso de interoperabilidade semântica, o de (JIMENEZ-FERNANDEZ; DE TOLEDO; DEL POZO, 2013a) que apresentam alternativas viáveis a interoperabilidade entre sensores sem considera o enfoque semântico

3.1 *Semantic Sensor Network(SSN)*.

Conforme descreve (COMPTON et al., 2012), de março de 2009 a setembro de 2010, um grupo de 41 pesquisadores de 16 organizações diferentes se juntaram a equipe de 20 pesquisadores do W3C, motivados pela possibilidade de trabalhar com ontologias ligadas a sensores, semântica de sensores web e semântica de redes de sensores. Além da observância de que os padrões(SensorML, SWE comom), desenvolvidos pelo Open Geospatial Consortium(OGC), para sensores web do tipo(SWE) estarem sendo substituídos. Em substituição, abordagens baseadas nas linguagens de web semântica desenvolvidos pela W3C, em especial OWL DL. Outro fator motivacional da criação da ontologia SSN e que mecanismos que suportam anotações semânticas, podem favorecer a interoperabilidade e integração de serviços. Tecnologias semânticas podem ajudar no

gerenciamento e em consultas combinando sensores e observações de dados. Deste modo possibilita ao usuário final trabalhar sob um novo nível de abstração, ao invés de estar focado em detalhes técnicos de formatação e integração, o foco passa a ser trabalhar com conceitos de domínios específicos e restrições qualitativas. Os recursos da web semântica possibilitam a ação de agentes de software, de forma automática ou não, coletar dados, executar raciocínios com base nas propriedades e restrições definidas. Compartilhar informações semânticas não somente auxiliam na integração de dados de múltiplas fontes, mas também ajuda na integração de novos dados nos contextos temporal e espacial. A ontologia é baseada nos seguintes conceitos: sistemas, processos e observações. Isso possibilita a descrição da estrutura física e de processamento de sensores. Sensores não se limitam a dispositivos físicos de sensoriamento. Um sensor é qualquer coisa que pode estimar ou calcular o valor de um fenômeno, portanto, um dispositivo, processo computacional ou a combinação de ambos, poderia desempenhar o papel de um sensor. A representação de um sensor na ontologia une o que mede, os fenômenos (domínio), o sensor físico (o dispositivo) e suas funções e processamento (os modelos).

A ontologia completa consiste de 41 conceitos e 39 propriedades de objeto, além de herdar diretamente de 11 conceitos DUL(ontologia DOLCE UltraLite ⁶) e 14 propriedades de objeto de DUL. A SSN⁷ está organizada, conceitualmente, porém não fisicamente, em dez módulos, a saber: desenvolvimento (*Deployment*), sistema (*system*), restrição de

⁶ Disponível em http://lov.okfn.org/dataset/lov/details/vocabulary_dul.html

⁷ disponível em <http://purl.oclc.org/NET/ssnx/ssn>

outra ontologia. A ontologia alinhada com a SSN é a DOLCE UltraLite, que se trata de uma simplificação da ontologia DOLCE Lite-Plus [REF] Library, com conceitos adequados a contextos físicos e sociais. A Figura 3.2 mostra este alinhamento. Tal medida tem o objetivo de realizar o reúso de conceitos úteis ao contexto de sensores.

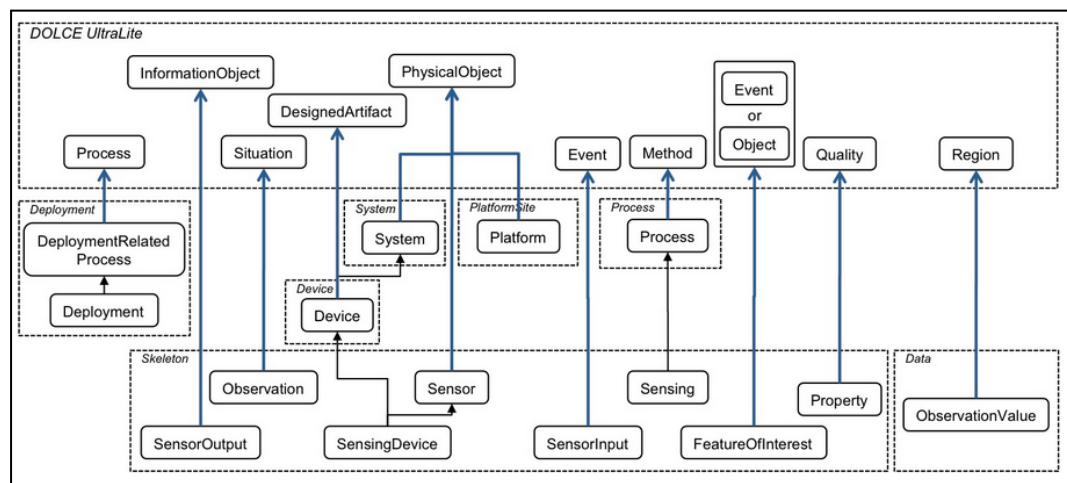


Figura 3.2 – Alinhamento entre as ontologias SSN e DOLCE UltraLite

A ontologia SSN foi construída com base em um padrão de projeto de ontologias chamado Stimulus Sensor Observation (SSO) (JANOWICZ; COMPTON, 2010), que descreve as relações entre sensores estímulos e observações. Este padrão descreve a união entre o sensor e aquilo que motiva a sua ação, o estímulo. Contudo a percepção do estímulo pode ser diferente em função da forma de observar. Esta forma de observar está baseada em características de interesse, que possuem propriedades associadas ao contexto em que se pretende observar. Um único sensor pode produzir resultados e implementar mais de uma forma de sensoriamento.

Este comportamento, descrito nestas breves palavras tenta ilustrar a estrutura de classes e as propriedades que as inter-relacionam, no contexto do padrão SSO, conforme pode ser observado na Figura 3.3.

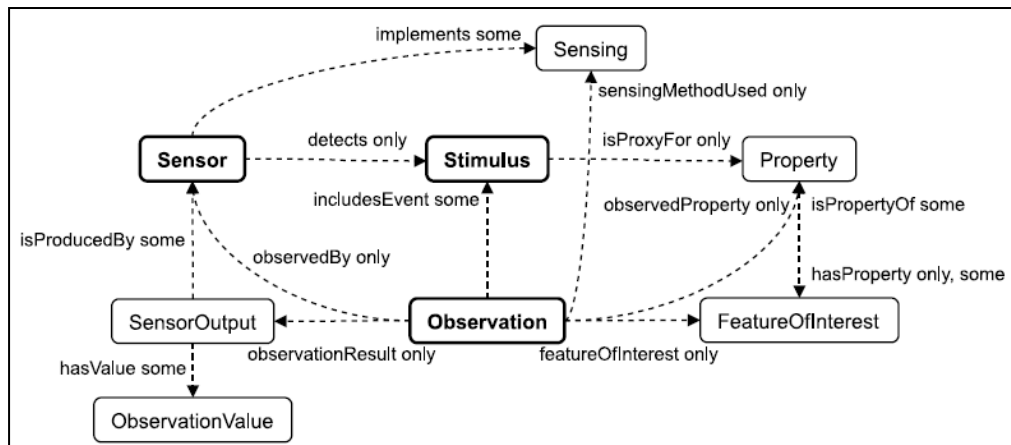


Figura 3.3 – Stimulus Sensor Observation (SSO) Pattern (fonte: COMPTON et al., 2012)

A ontologia SSN pode ser vista por meio de quatro perspectivas diferentes: a dos sensores, da observação, do sistema e das características e propriedades.

A perspectiva dos sensores, busca esclarecer questionamentos com: O que perceber ou sensoriar? Como e o que está sendo sentido ou percebido. Já a perspectiva da observação se atem na observação dos dados e respectivos metadados. A visão do sistema está focada na implementação dos sistemas de sensores.

O conjunto de classes e propriedades da SSN possibilita esta variedade de perspectivas alternativas. Para focar em uma visão, basta trabalhar com o conjunto de classes envolvido nela. Com a finalidade

de facilitar à compreensão a Figura mostra um conjunto de classes e propriedades que empregados, favorecem a perspectiva dos sensores, no aspecto acurácia e capacidade de medição.

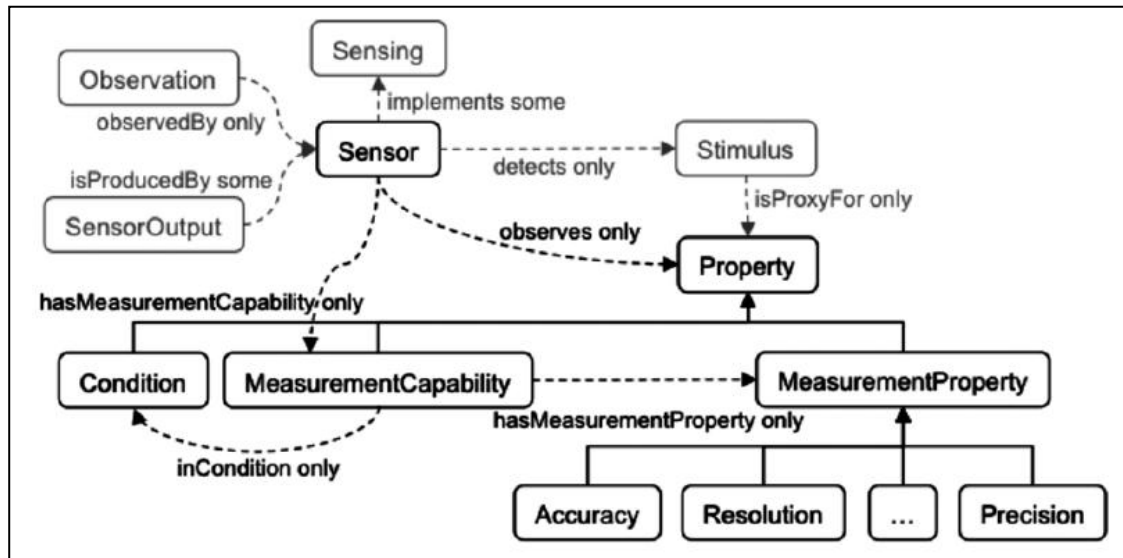


Figura 3.4 – Classes em destaque focadas nas capacidades (fonte:COMPTON et al., 2012)

Cabe salientar que, para qualquer propriedade observada por um sensor, a performance (acurácia) do mesmo será afetada pelas condições do ambiente em que o sensor esteja, mesmo que estas condições não estejam diretamente associadas à propriedade.

Com base na estrutura de classes demonstrada na Figura 3.4 é possível instanciar sensores com diferentes propriedades de observação. Além disso, o sensor instanciado pode apresentar vários links por meio da propriedade `ssn:hasMeasurementCapability` para instâncias de capacidades distintas de acordo com o ambiente de uso. Desta forma, diversas combinações podem ser realizadas, com, por exemplo, uma instância de uma mesma propriedade com diferentes condições, especificando as capacidades do sensor, dentre outras.

Complementando a perspectiva do sensor, a perspectiva de observação, completa a descrição de uma observação introduzida no padrão SSO. Observações são contextos para interpretar estímulos de entrada e, portanto, colocar o evento observando e estímulo em um contexto de interpretação. O tratamento da observação é fundamental, pois ele reduz a possibilidade de um estímulo permanecer com múltiplas interpretações e sujeito a dúvida. Está pode ser indicada como uma contribuição à interpretação semântica dos estímulos.

A perspectiva do sistema, Figura 3.5, é construída em torno do conceito de sistema, representando as partes da infraestrutura de sensoriamento. Fazem parte desta estrutura dispositivos que possuem formas de operação e condições de sobrevivência diversificadas, podendo ainda serem montados em diferentes plataformas.

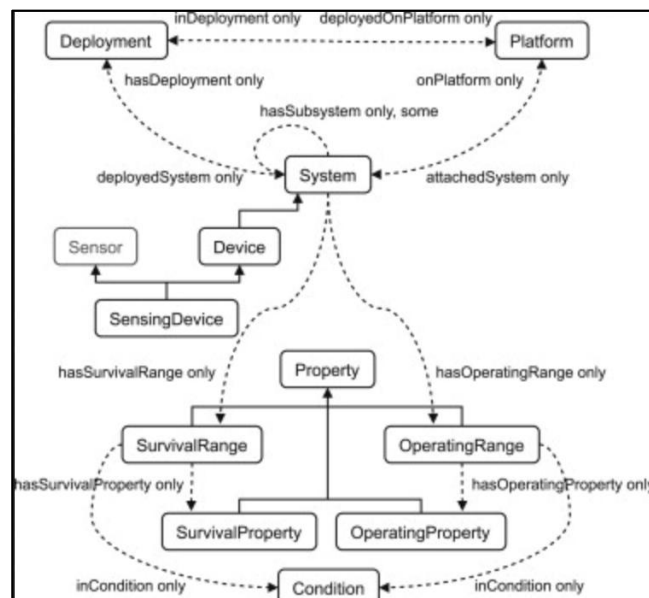


Figura 3.5 – Classes da perspectiva do sistema. (fonte:COMPTON et al., 2012)

3.1.1 Exemplo de Prático de uso da (SSN).

De maneira resumida será apresentado o exemplo de uso descrito por Compton 2009, onde é empregado o sensor Vaisala modelo WM30⁸, que mede a direção e velocidade do vento. O WM30 tem duas opções para medir a direção do vento: o WMS301 e o WMS302, que têm diferentes faixas de medição. A precisão de suas medições depende diretamente da acuraria do mesmo que é de +-3m/s em baixa velocidade do vento e + -2% a velocidades de vento superiores.

Este exemplo, mostra como descrever um dispositivo com várias capacidades de detecção, bem como os seus vários subtipos, além da precisão em relação às condições predominantes do ambiente

A Figura 3.6 mostra a visão de sistema sobre o WM30, que é um dispositivo único com duas capacidades de detecção que não são separáveis do dispositivo, portanto, são modeladas como sensores que implementam sentindo (o uso de hasSubSystem significa que eles devem ser sistemas).

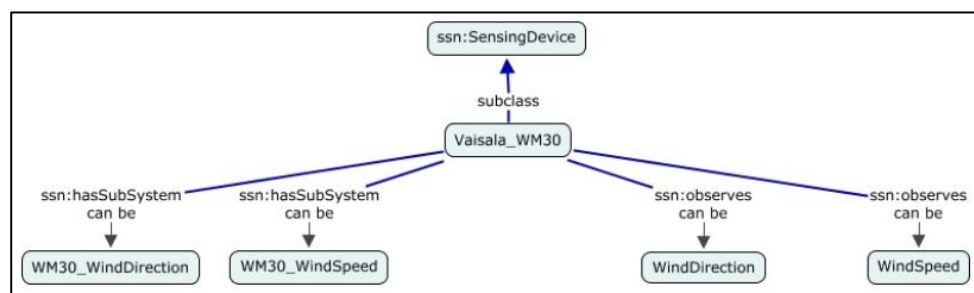


Figura 3.6 – Visão do sistema do WM30. (fonte:Compton 2009)

O sensor WM30 para calcular a velocidade do vento, converte a velocidade presente em seu dispositivo eletromecânico para a

⁸ Disponível em <http://www.vaisala.com/en/roads/products/atmosphericsensors/Pages/WM30.aspx>

velocidade real do vento em metros/segundo. Para isso emprega uma fórmula de conversão. Este método de sensoriamento também pode ser descrito conforme mostra a figura.

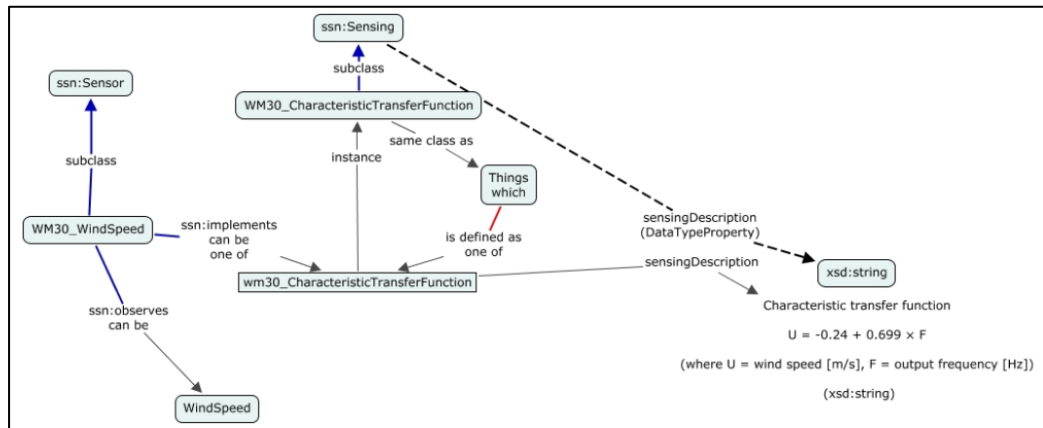


Figura 3.7 – Método de sensoriamento do WM30. (fonte:Compton 2009)

Outro detalhe importante são as condições de operação, ou seja, o WM30 opera dentro de limites específicos de temperatura. O seu perfeito funcionamento ocorre com temperatura ambiente entre -40°C e $+55^{\circ}\text{C}$, além de ter as velocidades mínimas e máximas a serem medidas. A Figura 3.8 mostra as faixas de operação do WM30.

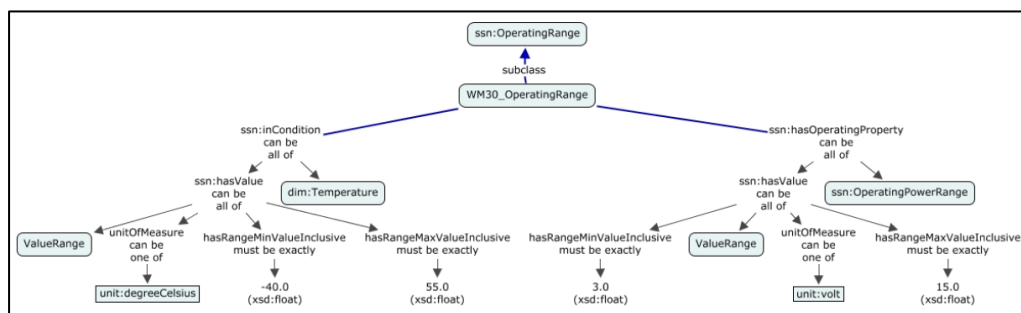


Figura 3.8 – Faixa de operação do WM30. (fonte:Compton 2009)

Além da faixa de operação o sensor possui os limites de sobrevivência, onde, além dos quais, passa a ficar inoperante. Estas condições também podem ser modeladas por meio da SSN, como pode ser visto na Figura 3.9.

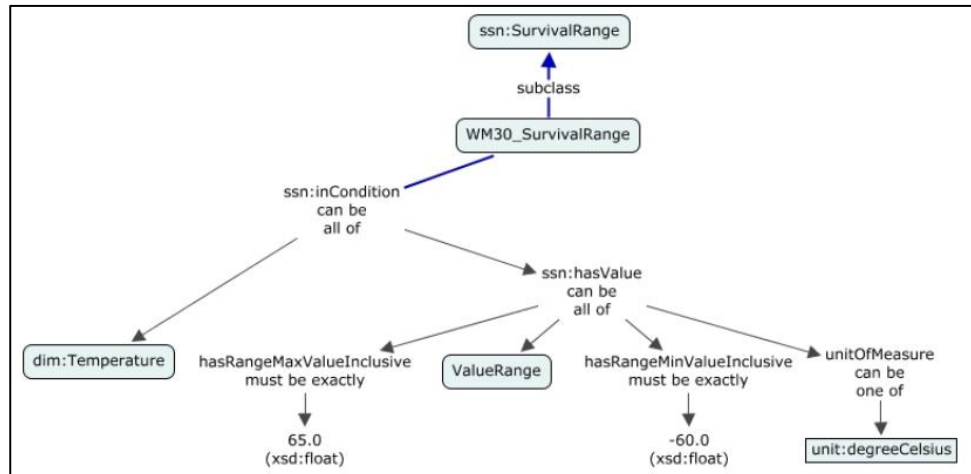


Figura 3.9 – Faixa de sobrevivência do WM30. (fonte:Compton 2009)

Por fim o presente exemplo também inclui nas características de interesse, definições e propriedades para o vento: direção e velocidade como podem ser observados na figura.

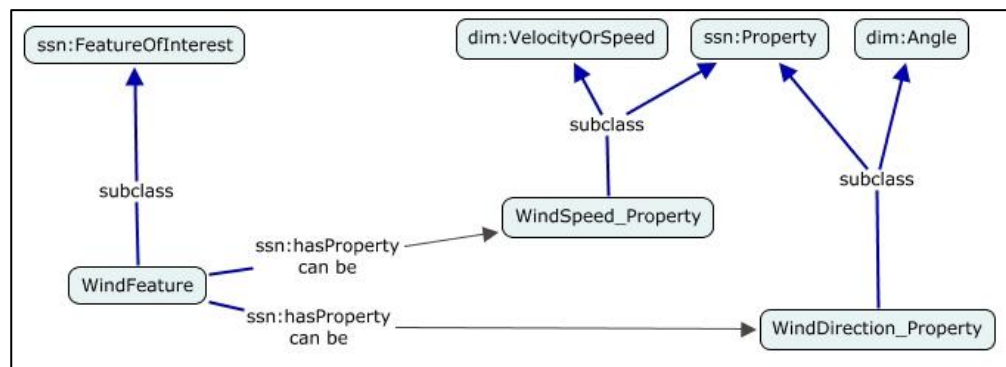


Figura 3.10 – Faixa de sobrevivência do WM30. (fonte:Compton 2009)

Cabe ainda salientar que a ontologia SSN tem sido utilizada o como parte de uma arquitetura para a internet das coisas [23], no sensoriamento de processos de fabricação [24], para a representação de seres humanos e dispositivos pessoais como sensores [25] e, como parte de uma infraestrutura de dados ligado para SWE [26]. A ontologia descreve sensores, formas de detecção, as capacidades de medição de

sensores, as observações resultantes de sensoriamento e implantações em que os sensores são usados.

Atualmente a ontologia SSN é muito usada em projetos de pesquisa. Seu desenvolvimento baseou-se na expertise de seus criadores nas ontologias escritas em OWL, padrões OGC, e vocabulários como o Vocabulário Internacional de Metrologia existente.

3.2 Interoperabilidade semântica em aplicações com sensores.

Conforme descreve (BRANDT et al., 2013), pouca atenção tem sido dada a semântica quando o assunto é rede de sensores ou aplicações ligadas a elas. Neste contexto que o trabalho do autor apresenta sua contribuição. Apresentando um abordagem baseada na criação de uma arquitetura que faz uso de uma ontologia, para tentar dirimir problema em questão. Foi desenvolvida uma ontologia, que abrange conceitos de vocabulário de exames, vocabulário de contextos, além de aplicar reuso de conceito de ontologias como a GALEN e a SNOMED-CT. A ontologia resultante encontra-se focada no domínio de Monitoramento Remoto de Pacientes (MRP), onde os dados referentes aos sinais cardíacos do paciente monitorado são captados, por meio de uma rede de sensores. Cabe ainda destacar que além da medição dos sinais cardíacos, as circunstâncias em que o exame e as medições foram realizadas, compõe o contexto semântico do monitoramento e são consideradas importantes. A ontologia tem o potencial de apoiar não só a interpretação correta dos dados do sensor, mas também

garantir o seu uso adequado, de acordo com o objetivo de uma determinada aplicação de rede de sensores.

O modelo proposto apresenta uma estrutura composta por quatro perspectivas, a saber: a perspectiva do sistema (SP1), compreende a estrutura da rede de sensores; a perspectiva da estrutura dos valores de exame (SP2), onde os dados coletados, por meio da rede de sensores são transportados; a perspectiva do uso apropriado (SP3), momento em que os dados receberão o contexto semântico e por fim a perspectiva da realidade observada (SP4), que integra os valores coletados ao contexto semântico apropriado, oferecendo ao usuário final o adequado entendimento das informações originalmente coletadas.

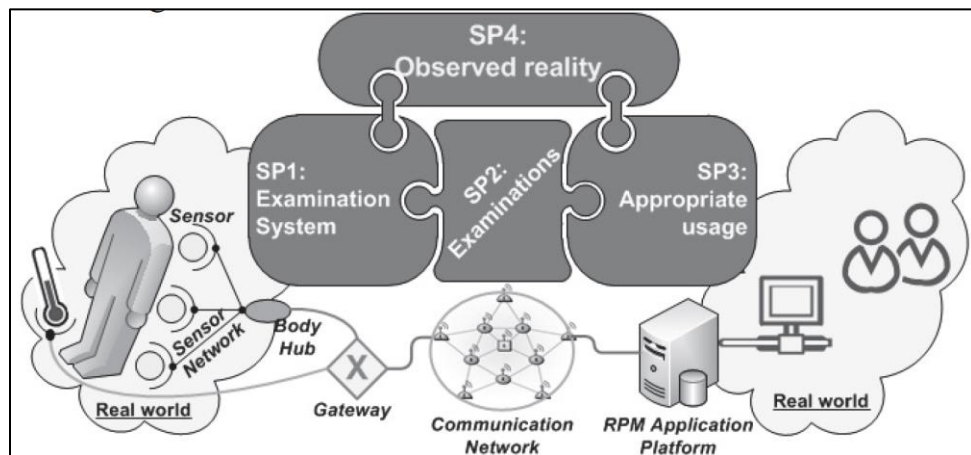


Figura 3.11 – Perspectivas da abordagem. (fonte:(BRANDT et al., 2013))

Por meio destas perspectivas o autor pode demonstrar o valor do contexto semântico na interoperabilidade dos dados de uma rede de sensores de MRP. Pode ainda ilustrar como o contexto em que as medições são realizadas pode influenciar na correta e apropriada interpretação das informações coletadas no pacientes.

Cabe ainda destacar que o modelo proposto poderia, segundo ser aplicada em outros domínios do conhecimento como o da internet das coisas.

3.3 Usabilidade e interoperabilidade em uma rede de sensores

Conforme descreve (JIMENEZ-FERNANDEZ; DE TOLEDO; DEL POZO, 2013a), Este trabalho está contextualizado no campo de sistemas de monitoramento remoto de pacientes com diagnósticos crônicos, por meio de uma rede de sensores sem fio. O foco principal é poder possibilitar usabilidade e interoperabilidade à rede de sensores. A usabilidade está associada às facilidades de utilização por parte dos pacientes, que geralmente são idosos. Serão observados nesta pesquisa, como maior ênfase, aspectos associados à questão da interoperabilidade, visto que estão alinhados com objetivos deste trabalho.

O autor toma como conceito base de interoperabilidade capacidade de comunicar, executar programas, ou transferência dados entre diversas unidades funcionais de uma forma, que requer que o usuário tenha pouco ou nenhum conhecimento das características únicas dessas unidades.

Usando uma rede de sensores sem fio baseada no padrão IEEE 802.15.4, com topologia estrela e faixa de frequência de 868 MHz, que apesar de possuir menor número de canais, apresentou menor índice de colisões e perda de pacotes. Esta rede de sensores está conectada

a um nó controlador, que consolida os dados produzidos pelos sensores sem fio e os conecta na rede.

Cabe aqui destacar que os critérios de avaliação de interoperabilidade, neste caso, estavam direcionados somente a identificar um padrão adequado, a transmissão dos dados e seu emprego em um ambiente computacional limitado em termos de capacidade de memória, baixo consumo de energia; características comuns a redes de sensores sem fio. Os resultados foram satisfatórios no que tange aos aspectos de transmissão de dados. Contudo o aspecto semântico não foi levado em conta nesta abordagem.

4 ESTUDO COMPARATIVO DAS ABORDAGENS

Os trabalhos até então analisados demonstram, que a comunidade científica tem demonstrado significativo interesse pela questão de interoperabilidade de dados. Contudo, em virtude dos estudos apresentados. É notória a importância da presença de uma contextualização semântica, principalmente no momento em que se pretende analisar os dados coletados. Este diferencial pode ser observado nos trabalhos de (COMPTON et al., 2012) e de (BRANDT et al., 2013), onde o contexto era ponto fundamental para adequada análise dos dados. Já o trabalho de (JIMENEZ-FERNANDEZ; DE TOLEDO; DEL POZO, 2013b) no tocante a interoperar, fixou-se apenas nas questões tecnológicas do problema.

É possível destacar que o modelo descrito por (COMPTON et al., 2012), empregando a ontologia SSN, pode ser considerado mais extensível do que o proposto por (BRANDT et al., 2013). Esta afirmação se justifica pelo fato da primeira abordagem ser aplicável a qualquer tipo de rede de sensores, principalmente por enfatizar características comuns de sensores, oferecendo inúmeras possibilidades de detalhamentos e contextualizações. Outro fator relevante é possibilidades destas abordagens poderem ser empregadas, de forma a auxiliar a internet das coisas. Foi possível constatar que, na atualidade o uso do contexto semântico associado ao aproveitamento adequado dos recursos tecnológicos pode ser a chave para a interoperabilidade de dados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Diante do desafio de analisar as possibilidades de interoperabilidade de dados em uma rede de sensores heterogêneos, sob o enfoque semântico. Após uma revisão de literatura acerca de possíveis caminhos para interoperabilidade de dados entre sensores heterogêneos, por meio do uso de conceitos de web semântica e ontologias. Foi possível, por meio da observância pontos relevante e de cada abordagem aqui tratada, reafirmar que é notória a importância da presença de uma contextualização semântica, principalmente no momento em que se pretende analisar os dados coletados a partir de uma rede de sensores. Esta importância pode ser ampliada quando se trata do contexto de monitoramento remoto de pacientes, onde a correta e imediata interpretação dos dados pode significar a diferença entre a vida e a morte. Com relação a trabalhos futuros, merece destaque a possibilidade de novos alinhamentos envolvendo a SSN, que poderia ser considerada uma base para uma rede de sensores qualquer, e ontologias ligadas à área de diagnósticos médicos, diagnósticos mecânicos, que poderiam ser aplicados em setores tais como automação ou indústria automobilística, dentre outras. Considerando que a internet das coisas vem se tornando uma realidade cada vez mais evidente, pode-se indicar como desafio: realizar experimentos com sensores que compartilham desta tecnologia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787 – 2805, 2010.
- BERNERS-LEE, T. et al. The semantic web. **Scientific american**, v. 284, n. 5, p. 28–37, 2001.
- BERNERS-LEE, T. et al. World-wide web: the information universe. **Internet Research**, v. 20, n. 4, p. 461–471, 2010.
- BRANDT, P. et al. **Semantic interoperability in sensor applications making sense of sensor data** Computational Intelligence in Healthcare and e-health (CICARE), 2013 IEEE Symposium on. **Anais...**abr. 2013
- BREITMAN, K. **Web Semantica A Internet do Futuro**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- CHAVES, F. et al. 23rd International Workshop on Database and Expert Systems Applications. **Semantic Registries for Heterogeneous Sensor Networks: Bridging the Semantic Gap for Collaborative Crises Management**, v. 0, p. 118–122, 2013.
- COMPTON, M. et al. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web. **The {SSN} ontology of the {W3C} semantic sensor network incubator group**, v. 17, n. 0, p. 25 – 32, 2012.
- DARGIE, W.; POELLABAUER, C. **Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2010.
- DELICATO, C. D. **Middleware baseado em serviços para Rede de sensores sem fio**. Tese de Doutorado—Rio de Janeiro -RJ: UFRJ, 2005.
- FEKI, M. A. et al. The Internet of Things: The Next Technological Revolution. **Computer**, v. 46, n. 2, p. 24–25, fev. 2013.
- FLORIDO, IVAN ROCA. **Rede de sensores sem fio em ambientes veiculares baseada no padrão Zigbee**. Dissertação de Mestrado—São Paulo: USP, 2008.
- GUARINO, N.; OBERLE, D.; STAAB, S. What is an Ontology? In: **Handbook on Ontologies**. Second Edition ed. International handbooks on information systems: Springer-Verlag, 2009. p. p. 1–17.
- GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, p. 1645 – 1660, 2013.
- JANOWICZ, K.; COMPTON, M. **The Stimulus-Sensor-Observation Ontology Design Pattern and its Integration into the Semantic Sensor Network Ontology.SSN. Anais...** In: 3RD INTERNATIONAL WORKSHOP ON SEMANTIC SENSOR NETWORKS (SSN10) IN CONJUNCTION WITH THE 9TH INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE (ISWC). 2010
- JIMENEZ-FERNANDEZ, S.; DE TOLEDO, P.; DEL POZO, F. Usability and Interoperability in Wireless Sensor Networks for Patient Telemonitoring in Chronic Disease Management. **Biomedical Engineering, IEEE Transactions on**, v. 60, n. 12, p. 3331–3339, dez. 2013a.

- JIMENEZ-FERNANDEZ, S.; DE TOLEDO, P.; DEL POZO, F. Usability and Interoperability in Wireless Sensor Networks for Patient Telemonitoring in Chronic Disease Management. v. 60, n. 12, p. 3331–3339, dez. 2013b.
- LASSILA, O. et al. **Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification**. [s.l: s.n.].
- MADNICK, S. E. **Metadata Jones and the Tower of Babel: The Challenge of Large-Scale Semantic Heterogeneity** Proc. IEEE Meta-Data Conf. **Anais...**1999
- PARK, J.; RAM, S. Information Systems Interoperability: What Lies Beneath? **ACM Trans. Inf. Syst.**, v. 22, n. 4, p. 595–632, out. 2004.
- RUIZ, L.; CORREIA, L.; VIEIRA, L. **Arquiteturas para Redes de Sensores Sem Fio**. In: 22º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES. 2004
- SHETH, A.; HENSON, C.; SAHOO, S. S. Semantic sensor web. **Internet Computing, IEEE**, v. 12, n. 4, p. 78–83, 2008.
- TAVARES, P. L. **Redes de Sensores Sem-fio**. [s.l.] GTA - UFRJ, 2002. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/02_2/Redes%20de%20sensores/Redes%20de%20Sensores%20Sem-fio.htm>.