

Patrícia Teixeira Davet

Consciência de Situação em Ambientes IoT: Revisando Conceitos e Projetos

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

Orientador: Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin
Coorientadora: Profa. Dra. Ana Marilza Pernas Fleischmann

Pelotas, 2014

RESUMO

DAVET, Patrícia Teixeira. **Consciência de Situação em Ambientes IoT: Revisando Conceitos e Projetos**. 2014. 51 f. Trabalho Individual (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

Com o advento de dispositivos portáteis, como os *smartphones*, que possuem boa capacidade de processamento, comunicação sem fio e armazenamento de dados, aliado aos avanços tecnológicos que possibilitaram mobilidade e melhora na conectividade entre diferentes dispositivos, consolidou-se um novo paradigma na computação, a Computação Ubíqua. Na Computação Ubíqua é introduzido um cenário onde serviços computacionais são providos de forma transparente, independentemente de infraestrutura e tecnologias empregadas, de forma que o usuário usufrua destes serviços sem necessidade de possuir conhecimento de todo o sistema e/ou elementos deste ambiente.

Nesta cadeia de evolução, surge a Internet das Coisas (IoT) como a nova era da Internet e com as mesmas premissas da Computação Ubíqua, porém com a ideia de que qualquer coisa (pessoa, animal ou objeto) possuindo identificação própria possa se comunicar através da Internet. A IoT começou a se materializar devido aos avanços tecnológicos na miniaturização de dispositivos embarcados com algum poder computacional, junto com a melhora na conectividade das redes, e com a agregação de novos e diferentes sensores, atuadores e tags inteligentes, tornando possível que cada vez mais “coisas” fossem conectadas à Internet.

Tendo em vista a IoT como uma perspectiva de ubiquidade, onde há uma diversidade tanto de informações captadas, como de natureza de aplicações, a capacidade de reação ao contexto torna-se um componente importante e fundamental na IoT. O contexto aplicado em um maior nível de abstração auxilia no desenvolvimento de aplicações mais robustas, o que culmina em sistemas conscientes de situação capazes de fornecer serviços de maneira mais precisa, dinâmica e otimizada, aumentando a satisfação dos usuários.

Este trabalho objetiva a revisão de conceitos relacionados à Internet das Coisas e à Consciência de Situação, estabelecendo relação entre estas duas abordagens. Também são discutidos trabalhos em consciência de situação na IoT, considerando os diferentes conceitos revisados.

Palavras-chave: Consciência de Situação, Internet das Coisas, Computação Ubíqua.

ABSTRACT

DAVET, Patrícia Teixeira. **Situation Awareness in IoT Environments: Reviewing Concepts and Projects**. 2014. 51 f. Trabalho Individual (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

With the advent of portable devices such as the smartphones, which have good processing power, wireless communication and data storage, combined with the technological advances that allowed mobility and improved connectivity between different devices, it was consolidated in a new paradigm in computing, Ubiquitous computing. In Ubiquitous Computing is introduced a scenario where computer services are provided transparently, regardless of infrastructure and technologies employed, so that you enjoy these services without the need to have knowledge of the entire system and/or elements of this environment.

This chain of evolution, come the Internet of Things (IoT) like the new age of the Internet and with the same assumptions of Ubiquitous Computing, but with the idea that anything (person, animal or object) having unique identification can communicate through from Internet. The IoT began to materialize due to technological advances in the miniaturization of devices embedded with some computing power, along with the improved connectivity of networks, and the addition of new and different sensors, actuators and smart tags, making it possible for more and more “things” were connected to the internet.

In view of the IOT as a perspective of the ubiquity, where there are a diversity so much of information captured, as of the nature of applications, responsiveness to context becomes an important and critical component in the IoT. The context applied to a higher level of abstraction helps develop more robust applications, the which culminates in situation awareness systems able to provide services in a manner more precise, dynamic and optimized, increasing user satisfaction.

This study aims to review concepts related to Internet of Things and Situation Awareness, establishing relationship between these two approaches. Also are discussed works in situation awareness in IoT, considering the different concepts reviewed.

Keywords: Situation Awareness, Internet of Things, Ubiquitous Computing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Evolução da Internet em cinco fases	11
Figura 2	Dimensão da definição Internet das Coisas	14
Figura 3	Internet das Coisas como resultado de diferentes visões	15
Figura 4	Domínios de aplicação e cenários de maior relevância	16
Figura 5	Relação entre conceitos	20
Figura 6	Níveis de abstração da informação	22
Figura 7	Arquitetura IoT	30
Figura 8	Árvore IoT-A - Visão do projeto	33
Figura 9	Arquitetura IoT-A	34
Figura 10	Visão geral da arquitetura proposta totalmente distribuída	35
Figura 11	Arquitetura de protocolo seguro para IoT	37
Figura 12	Arquitetura proposta de integração entre duas plataformas	42
Figura 13	Arquitetura SenseWeb	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	<i>Framework</i> 5W+1H	21
Tabela 2	Análise dos trabalhos	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application Programming Interface
DTLS	Datagram Transport Layer Security
EPC	Electronic Product Code
IPSec	Internet Protocol Security
IoT	Internet of Things
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NFC	Near Field Communication
OSGi	Open Services Gateway Initiative
RFID	Radio Frequency Identification
SSL	Secure Sockets Layer
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TLS	Transport Layer Security
UID	Ubiquitous Identifier
UPC	Universal Product Code
WISP	Wireless Identification and Sensing Platforms

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Tema	8
1.2	Motivação e objetivos	8
1.3	Estrutura do texto	9
2	INTERNET DAS COISAS (IOT)	10
2.1	O Paradigma IoT	11
2.1.1	História	12
2.1.2	Definição	13
2.1.3	Visões	14
2.1.4	Domínios de aplicação	16
3	CONSCIÊNCIA DE SITUAÇÃO NA IOT	18
3.1	Conceitos	18
3.1.1	Contexto	18
3.1.2	Consciência de Contexto	19
3.1.3	Situação	20
3.1.4	Consciência de Situação	21
3.2	Aspectos de IoT relativos à Consciência de Situação	24
3.2.1	Aquisição de dados em rede de sensores	25
3.2.2	Processamento dos dados	27
3.2.3	Arquitetura típica de sistemas IoT conscientes de situação	30
4	TRABALHOS EM CONSCIÊNCIA DE SITUAÇÃO NA IOT	32
4.1	IoT-A (<i>Internet of Things - Architecture</i>)	32
4.2	<i>Enabling Ubiquitous Sensor-Assisted Applications on the Internet-of-Things</i>	34
4.3	<i>Secure Communication for Smart IoT Objects: Protocol Stacks, Use Cases and Practical Examples</i>	36
4.4	<i>Towards Context-Aware Retail Environments: An Infrastructure Perspective</i>	39
4.5	<i>SenseWeb: An Infrastructure for Shared Sensing</i>	43
4.6	Análise dos trabalhos	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A popularização da Internet e dos ambientes distribuídos, aliado aos avanços tecnológicos que proporcionaram mobilidade e melhora na conectividade e comunicação dos dispositivos computacionais, levou a computação moderna a uma nova era, a era da Computação Ubíqua. Este novo paradigma vislumbrado por Weiser (WEISER, 1991) tem como premissa prover computação de forma transparente, estando o modelo computacional integrado as demandas do usuário. Os mesmos avanços que contribuíram para a evolução de uma nova era na computação, somado aos avanços e miniaturização de dispositivos embarcados introduzem um novo cenário de evolução da Internet, a Internet das Coisas (IoT).

A Internet das Coisas caracteriza um cenário onde qualquer coisa (pessoa, animal ou objeto) pode se comunicar através da Internet, possuindo uma identificação única e sem a necessidade de intervenção humana. É um conceito que une o mundo físico ao digital, incorporando objetos inteligentes a um ambiente de forma ubíqua e que começou a se tornar realidade com o surgimento de etiquetas RFID (*Radio Frequency Identification*), que hoje em dia é uma dentre as várias tecnologias presentes na IoT, que conta com redes de sensores e atuadores, NFC (*Near Field Communication*), UID (*Ubiquitous Identifier*), redes sem fio, e outras.

Essa diversidade de tecnologias de comunicação, identificação e dispositivos introduzem a necessidade do estudo e pesquisa em torno de infraestruturas que permitam interligá-las, de forma transparente e escalável.

Vários trabalhos tratando temas relacionados à IoT estão sendo realizados, direcionando suas pesquisas de acordo com três visões: Coisas, Internet e Semântica. Os trabalhos focados nas “Coisas” buscam garantir o melhor aproveitamento de recursos dos dispositivos e sua comunicação. Os que focam em uma visão direcionada a “Internet” procuram criar técnicas para uma melhor interoperabilidade dos dispositivos em rede. Já os direcionados a uma visão “Semântica” focam na representação, armazenamento, interconexão, pesquisa e organização da informação gerada na IoT. Há uma série de desafios tecnológicos e sociais a serem enfrentados para que o paradigma IoT seja amplamente utilizado e difundido.

Um dos principais desafios está em como interligar, reconhecer e armazenar o grande número de informações geradas por ambientes IoT, de forma a constituírem informações relevantes para as aplicações e seus usuários. A consciência de situação é uma forma promissora de atender as necessidades do usuário resolvendo limitações em relação à simplicidade dos modelos de representação de contexto com uma modelagem de mais alto nível de abstração que auxilia no desenvolvimento de aplicações mais robustas. O modelo de representação é gerado a partir da detecção de situações, que geram conhecimento a cerca do sistema através de dados brutos captados por sensores, que são informações em grande quantidade e baixo nível, estes dados são transformados em informações contextuais, elevando seu nível, e a partir destas informações contextualizadas são identificadas situações que possibilitam inferência e conhecimento sobre o sistema, para serem utilizadas pelas aplicações. Sistemas que se utilizam de técnicas de consciência de situação são chamados de sistemas conscientes de situação.

1.1 Tema

Este Trabalho Individual tem como tema a relação entre as novas eras da cadeia evolutiva da computação e Internet, a Computação Ubíqua e a Internet das Coisas, apresentando conceitos, características e projetos IoT, direcionados à Consciência de Situação.

1.2 Motivação e objetivos

A IoT vem se tornando um paradigma promissor devido ao crescente aumento de dispositivos conectados à Internet em todo o mundo. Segundo (COUNCIL, 2008), daqui a alguns anos qualquer objeto do dia a dia poderá se integrar a um ambiente IoT, possibilitando a troca de informações entre estes diferentes objetos ou coisas através da Internet, independentemente de localização, rede, dispositivo ou tecnologias empregadas, o que a torna bastante ligada aos preceitos da computação ubíqua.

A necessidade de convergência entre tecnologias sem fio, dispositivos eletrônicos e a Internet torna-se indispensável para a implementação de cenários IoT, levando a uma evolução destes quesitos e ao desenvolvimento de novas tecnologias e protocolos de comunicação, aplicações e *frameworks*.

Os cenários IoT apresentam uma geração de desafios de pesquisa na construção de infraestruturas, que permitam o tratamento adequado desses dados provindos de diferentes fontes. Infraestruturas estas, que devem ser abertas e atendam demandas de escalabilidade, heterogeneidade e segurança no âmbito das tecnologias da informação e comunicação.

O potencial da utilização do conceito de contexto em sistemas computacionais é demonstrado seguidamente em projetos que envolvem áreas, como o da Computação Ubíqua, Inteligência Artificial e outras. Aplicações ubíquas utilizam consciência de contexto ao terem ciência de seu contexto de interesse e, quando for o caso, se adaptando ao mesmo. Essa classe de sistemas computacionais, conscientes de contexto, abre perspectivas para o desenvolvimento de aplicações mais ricas, elaboradas e complexas, que exploram a natureza dinâmica das modernas infraestruturas computacionais. O desenvolvimento de aplicações que possam se adaptar continuamente, permanecendo operacionais continua sendo um importante desafio de pesquisa (ALMEIDA et al., 2013).

A IoT é um cenário propício para se trabalhar com contexto, porém em um maior nível de abstração, o de situação, pois este agrega maior conhecimento e raciocínio sobre o sistema, em ambientes que tratam de um grande número de informações advindas de fontes heterogêneas. Sendo assim, a consciência de situação, que é uma decorrência do estudo da área de Consciência de Contexto, tem surgido como foco de pesquisa em ambientes IoT. Foram realizadas análises de trabalhos correlatos com o tema no intuito de caracterizar sistemas conscientes de situação na IoT.

O presente trabalho tem como objetivos: (i) sistematizar conceitos relacionados à Internet das Coisas (IoT) e à Consciência de Situação, (ii) identificar focos de pesquisa e principais desafios IoT e (iii) realizar estudo sobre trabalhos conscientes de situação na IoT.

1.3 Estrutura do texto

O texto é composto por 5 capítulos.

No capítulo 1 são apresentados o tema, motivação e objetivos para a concepção deste trabalho.

A Internet das Coisas é tratada no capítulo 2, onde é mostrado o que culminou com o surgimento do termo e o que este representa nos dias atuais e em um futuro próximo, quais suas definições, visões de pesquisa e domínios de aplicação.

O capítulo 3 traduz o termo Consciência de Situação e apresenta características de ambientes IoT em sistemas conscientes de situação.

No capítulo 4 foram selecionados cinco trabalhos em consciência de situação na IoT, visando demonstrar a amplitude e diversidade dos domínios de aplicação em cenários IoT. Também ao final é realizada análise dos trabalhos, mediante alguns critérios que reforçam os conceitos estudados.

As considerações finais estão presentes no capítulo 5.

2 INTERNET DAS COISAS (IOT)

A Internet tradicional é uma rede global de dispositivos que tem como objetivo fornecer uma variedade de serviços de informação e comunicação. A sua existência permitiu que informações fossem disponibilizadas e compartilhadas de maneira acessível. Possibilitou a aproximação de pessoas oriundas de diferentes países e com culturas diversas. Disponibilizou uma nova forma de acesso a produtos e serviços. A permanente presença da Internet alterou a forma de pensar e agir da sociedade, tornando inimaginável um mundo não conectado.

Em sua evolução a Internet passou por cinco fases (PERERA et al., 2013), como mostra a Figura 1. A primeira fase surge no final dos anos 1960 onde a comunicação entre dois computadores se torna possível através de uma rede de computadores. No início de 1980 inicia a segunda fase com a criação da pilha de protocolos TCP/IP e mais tarde, em 1991, a *World Wide Web* (WWW) é disponibilizada tornando a Internet popular e estimulando seu rápido crescimento. A terceira fase inicia com o surgimento de dispositivos móveis com capacidade de processamento e conexão a Internet. Já na quarta fase os usuários começam a possuir identidades virtuais através de seus perfis em redes sociais passando a trocar informações entre si. Por fim, a evolução rumo em direção a Internet das Coisas, que possibilita a comunicação entre quaisquer objetos por meio da Internet.

Um outro paradigma que surgiu com a evolução da Internet foi a Web das Coisas, do inglês *Web of Things* (WoT). Este paradigma de desenvolvimento de aplicações inspirado na ideia da Internet das Coisas se baseia no uso de protocolos e padrões amplamente aceitos e já em uso na Web tradicional, tais como HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) e URIs (*Uniform Resource Identifier*) (GUINARD, 2010). O objetivo da WoT é alavancar a visão de conectividade entre o mundo físico e o mundo digital, fazendo com que a Web atual passe a englobar também objetos do mundo físico (chamados objetos inteligentes, do inglês "*smart things*") os quais passarão a ser tratados da mesma forma que qualquer outro recurso Web. A WoT propõe que os objetos que serão interligados a Internet adotem os padrões Web com o intuito de oferecer uma base comum para que diferentes tipos de dispositivos possam ser beneficiados

pelas tecnologias existentes na Web, facilitando seu uso e desenvolvimento de aplicativos para tais dispositivos, além de possibilitar a integração às inúmeras aplicações existentes na Web.

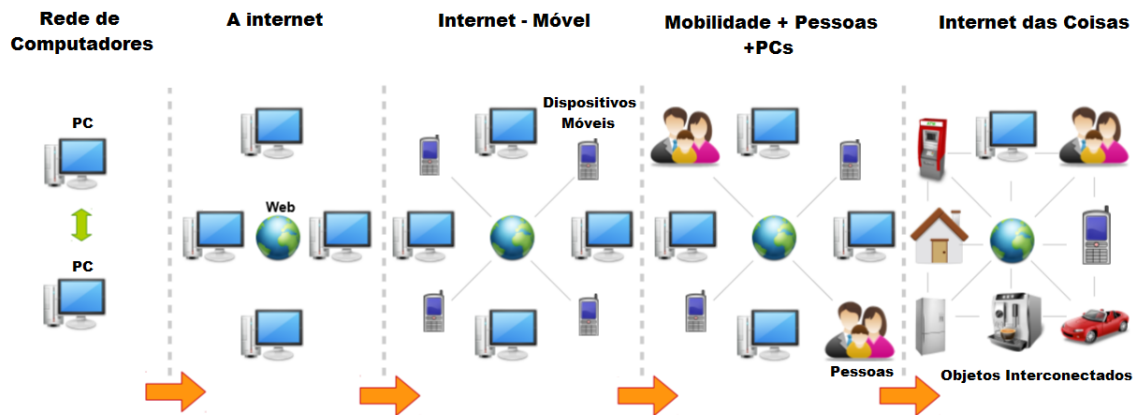


Figura 1: Evolução da Internet em cinco fases. Adaptada de (PERERA et al., 2013)

A Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT) visa um cenário no qual objetos, animais ou pessoas possuem a capacidade de se comunicarem e transferir dados através da Internet sem a necessidade da interação humana, possuindo para tal uma identificação única. Utensílios, sistemas de transportes, redes de energia, equipamentos pessoais, sistemas agrícolas e até o nosso corpo poderão ter sensores capazes de gerar e compartilhar informações com outras máquinas automaticamente. O objetivo é novamente a troca de informação relevante, mas na IoT, esta informação é proveniente de todo o tipo de objeto e dispositivo com capacidade de processamento e comunicação. Porém esse cenário só será possível mediante convergência entre tecnologias sem fio, dispositivos eletrônicos e a Internet.

Os princípios da IoT apoiam-se na evolução de infraestruturas normalizadas, escaláveis, abertas e seguras no âmbito das tecnologias de informação e comunicação. Como por exemplo, a miniaturização e decréscimo dos custos de dispositivos eletrônicos, evolução das redes sem fios, desenvolvimento de novas tecnologias e protocolos de comunicação, aplicações e *frameworks* (GOUVEIA, 2013).

2.1 O Paradigma IoT

A IoT é um novo paradigma que está rapidamente ganhando destaque em um cenário de avanço tecnológico, abrangendo diversas áreas como as de telecomunicações e computação. O Conselho Nacional de Inteligência dos EUA (NIC) considerou a IoT como uma das seis tecnologias civis mais promissoras e que mais impactarão a nação no futuro próximo, além de prever que em 2025 todos os objetos do cotidiano (por exemplo, embalagens de alimentos, documentos e móveis) poderão

estar conectados a Internet (COUNCIL, 2008). Isto demonstra a importância da IoT e como esta deverá ser um dos principais focos de estudo nos próximos anos.

Nesta seção será mostrada a história do surgimento do termo IoT e suas implicações, apresentadas diferentes definições e escolha da definição mais apropriada para o âmbito deste trabalho, discutidas diferentes visões da área em pesquisa, além de apresentar alguns domínios de aplicação.

2.1.1 História

O termo Internet das Coisas foi cunhado no laboratório de pesquisa Auto-ID Center do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e foi mencionado pela primeira vez em 1998 por Kevin Ashton, em uma apresentação onde relata “A Internet das Coisas tem o potencial de mudar o mundo, assim como a Internet fez. Talvez até mais” (ASHTON, 2009).

Mais tarde, em 2001 o termo surge publicado, através do artigo intitulado “*The Electronic Product Code (EPC) : A naming Scheme for Physical Objects*” (BROCK, 2001). No artigo o autor introduz este novo conceito relatando “*Nossa visão é a de criar um Smart World, isto é, uma infraestrutura inteligente que liga objetos, informações e pessoas através da rede de computadores. Esta nova infraestrutura permitirá a coordenação universal de recursos físicos através do monitoramento e controle remoto por seres humanos e máquinas. Nosso objetivo é criar padrões abertos, protocolos e linguagens para facilitar a ampla adoção mundial desta rede - formando a base para uma nova **Internet das coisas***”. Para tal o artigo propõe a substituição do popular código de barras, chamado sistema UPC (*Universal Product Code*), por um sistema que usufruiria das capacidades da Internet e da globalização. O novo sistema EPC apresenta como vantagem a possibilidade de cada produto possuir uma identificação própria, ao contrário do UPC que identificava apenas a qual tipo o produto pertencia, além de realizar o acompanhamento do objeto físico ao longo do seu tempo de vida através de tags RFID. A informação sobre o seu estado, localização e outras informações úteis não se encontram diretamente armazenadas nos produtos, e sim em servidores acessíveis pela Internet. O trabalho portanto teve como objetivo criar um sistema global de registro de bens com identificação única chamado EPC com o intuito de apoiar o uso generalizado de RFID em redes comerciais modernas de todo o mundo, e criar os padrões globais liderados pela indústria para o sistema EPC. Esses padrões são projetados principalmente para melhorar a visibilidade do objeto (ou seja, a rastreabilidade de um objeto e a consciência de seu status, localização atual, etc.). Este é sem dúvida um componente chave, mas não o único, do caminho para a plena implantação da visão IoT.

Um termo que surgiu quando o grupo de pesquisadores do MIT estava trabalhando no campo de identificação de frequência de rádio em rede (RFID) e tecnologias de

sensor emergentes hoje torna-se um novo paradigma da Internet, a Internet das Coisas.

Em uma outra perspectiva, a IoT surge no momento exato em que o número de “coisas ou objetos” conectados à Internet supera o número de pessoas que habitam o planeta.

De acordo com pesquisa do grupo Cisco IBSG (EVANS, 2011), em 2003 havia aproximadamente 6,3 bilhões de pessoas vivendo no planeta e 500 milhões de dispositivos conectados à Internet. Ao dividir o número de dispositivos conectados pela população mundial, constata-se que existia menos de um (0,08) dispositivo por pessoa. Com base nestes dados a IoT não era uma realidade em 2003, pois o número de objetos conectados era relativamente pequeno. Mas com o elevado crescimento no uso de *smartphones e tablets* o número de dispositivos conectados à Internet passou para 12,5 bilhões em 2010, à medida que a população humana chegou a 6,8 bilhões, tornando o número de dispositivos conectados por pessoa superior a 1 (exatamente 1,84). No entanto, segundo o Cisco IBSG ao realizar um refinamento destes números, a IoT surge entre 2008 e 2009, período onde estima-se que efetivamente o número de dispositivos por pessoa tenha ultrapassado a 1 pela primeira vez na história.

Nos primeiros dias de 2015, o mundo registrou 25 bilhões de dispositivos conectados à Internet segundo uma das maiores feiras de tecnologias do mundo, a CES 2015 (*Consumer Electronics Show 2015*), denotando que a Internet das Coisas além de ser uma realidade, vem ganhando destaque e está sendo considerada a revolução tecnológica que representa o futuro da computação e comunicação.

2.1.2 Definição

Na literatura não existe uma definição única para o termo IoT, segundo (PERERA et al., 2013) isto ocorre devido a visão IoT ser muito ampla e seu estudo estar muito no início. Ainda existe uma grande gama de desafios a serem enfrentados. A seguir três diferentes definições encontradas na literatura para o termo IoT.

- **Definição 1:** “As coisas (objetos, pessoas ou animais) têm identidades e personalidades virtuais que operam em espaços inteligentes utilizando interfaces capazes de se conectar e comunicar dentro de contextos sociais, ambientais e de usuários” (TAN; WANG, 2010).
- **Definição 2:** “A origem semântica da expressão é composta por duas palavras que traduzem dois conceitos: Internet e Thing. Internet pode ser definida como uma rede mundial de computadores interligados, com base em um protocolo de comunicação padrão (TCP/IP), enquanto Thing é um objeto ou coisa qualquer. Portanto, semanticamente, Internet das Coisas pode ser definida como uma rede mundial de objetos interligados que possuem endereço único e que se comuni-

cam através da Internet por meio de protocolos de comunicação padrão” (BASSI; HORN, 2008).

- **Definição 3:** “A Internet das Coisas permite que pessoas e objetos possam se conectar a qualquer momento, em qualquer lugar, com qualquer coisa, de preferência usando qualquer caminho ou rede e qualquer serviço” (GUILLEMIN; FRIESS, 2009).

Para o âmbito deste trabalho será utilizada a última definição, pois ela traduz a premissa da Computação Ubíqua, que é prover computação de forma o mais transparente possível, através de diferentes dispositivos e redes, em qualquer lugar e a qualquer tempo em um cenário da Internet das Coisas, onde não só computadores mas qualquer coisa (objeto, animal ou pessoa) pode se comunicar e transferir informações através da Internet. A Figura 2 ilustra a dimensão da definição, onde pode-se observar “o que” pode ser conectado a Internet, “quando” pode ser conectado e “onde” pode se conectar.

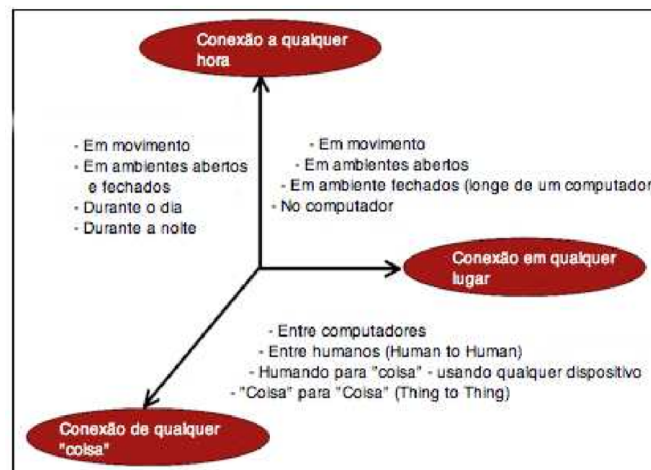


Figura 2: Dimensão da definição Internet das Coisas. Fonte: (FRANÇA et al., 2011)

2.1.3 Visões

A IoT apresenta três visões que se diferenciam dependendo do termo empregado: Internet, Coisas ou Internet das Coisas (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010), levando a focos de pesquisa distintos, conforme mostrado a seguir.

- Visão orientada a **Internet**: foco de pesquisa do ponto de vista de redes. Pesquisas direcionadas a esta visão procuram criar modelos e técnicas para a interoperabilidade dos dispositivos em rede.
- Visão orientada as **Coisas**: foco de pesquisa na integração dos objetos (Coisas) presentes em um cenário IoT. Pesquisas nesta visão procuram apresentar pro-

postas que garantam o melhor aproveitamento dos recursos dos dispositivos e sua comunicação.

- Visão orientada a **Semântica**: esta visão parte de uma análise semântica da expressão composta “Internet das Coisas”. O significado da junção destas palavras, denota semanticamente uma rede mundial de objetos heterogêneos e endereçáveis, interligados e se comunicando através da Internet por meio de protocolos de comunicação padronizados. Portanto possui foco de pesquisa do ponto de vista da comunicação e troca de informações entre dispositivos distintos. Trabalhos nesta visão apresentam propostas que estão focadas na representação, armazenamento, interconexão, pesquisa e organização da informação gerada na IoT, buscando soluções para a modelagem das descrições que permitam um tratamento adequado para os dados gerados pelos objetos.

A Figura 3 ilustra as três diferentes visões da IoT e alguns de seus componentes. Mostra a IoT como um elo de ligação entre as visões e demonstra que os componentes não precisam pertencer necessariamente a uma única visão.

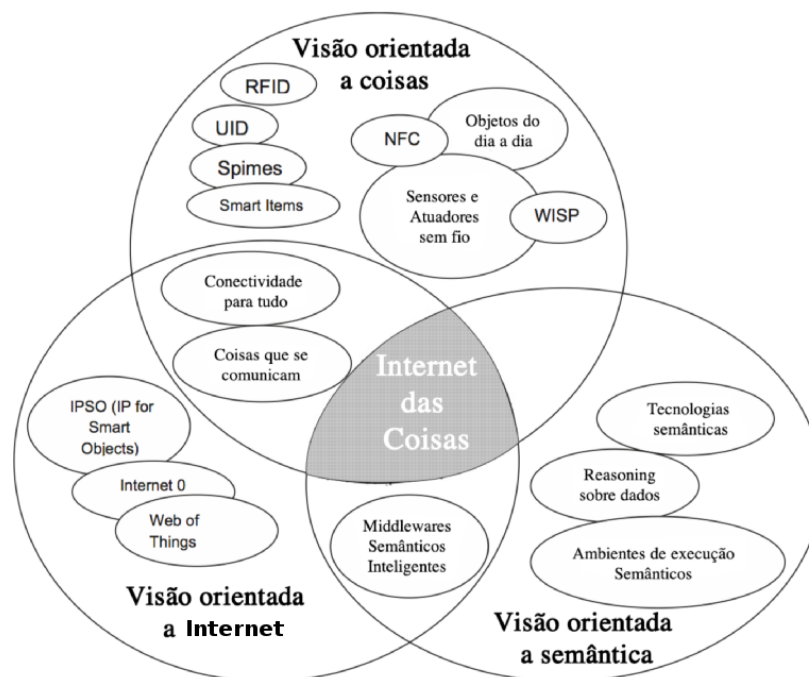


Figura 3: Internet das Coisas como resultado de diferentes visões. Fonte (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010)

É possível observar que as definições IoT tendem a descrever uma ou mais visões da Internet das Coisas. Como por exemplo a **Definição 2**, da seção anterior, que traduz a análise das palavras “Internet + Coisas” de onde parte a visão orientada a Semântica e a **Definição 3**, que representa a união do que é referido nas três visões, por possuir uma dimensão mais ampla.

2.1.4 Domínios de aplicação

A IoT possui potencialidades que permitem o desenvolvimento de aplicações em diversos domínios. Aplicações estas que visam melhorar a qualidade de nossas vidas em diferentes situações, como por exemplo, em casa, viagem, no trabalho, quando estamos doentes, em movimento, se exercitando, dentre outras e que podem ser agrupadas nos seguintes domínios (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010):

- Transporte e Logística
- Saúde
- Ambientes Inteligentes (casa, escritório, fábrica)
- Pessoal e Social

Os cenários de maior relevância para cada domínio são apresentados na Figura 4, onde também é mostrado um domínio de aplicações futuristas, que recebem esta denominação devido aos cenários não serem possíveis no presente momento, uma vez que as tecnologias necessárias e/ou a sociedade não estão prontas para sua implantação.

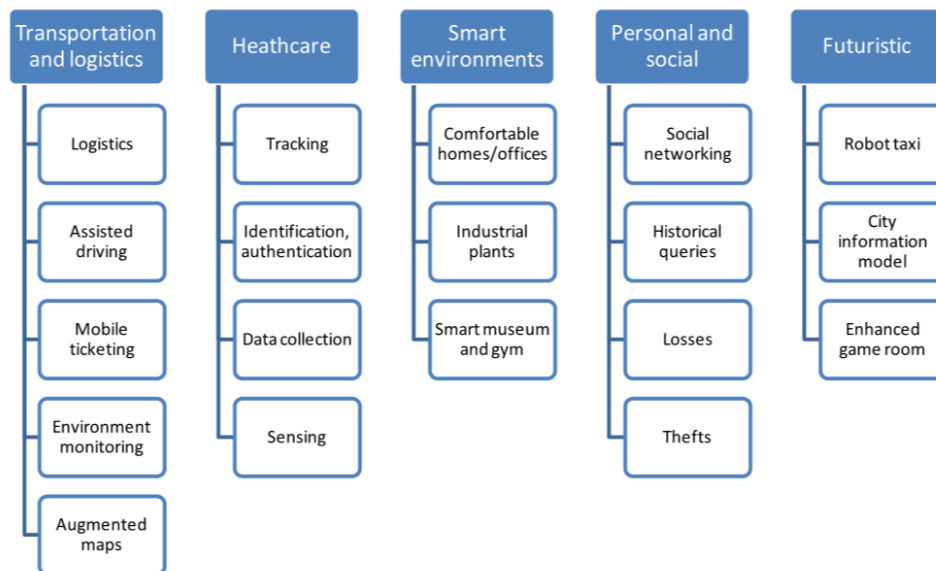


Figura 4: Domínios de aplicação e cenários de maior relevância. Fonte: (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010)

Segundo uma outra referência (PERERA et al., 2013), o domínio de aplicações IoT pode ser dividido, de forma mais ampla, de acordo com seu foco em três categorias: indústria, ambiente e sociedade. Abaixo alguns exemplos de cenários de aplicações pertencentes a estas três categorias:

- **Indústria:** gerência da cadeia de fornecimento; transporte e logística; aeroespaciais; aviação e automotiva.
- **Ambiente:** agricultura e criação; reciclagem; alerta de desastres e monitoramento ambiental.
- **Sociedade:** telecomunicações; tecnologia médica; cuidados de saúde; edifício, casa e escritório inteligente; mídia, entretenimento e emissão de bilhetes.

Nesta seção foi procurado categorizar alguns domínios de aplicação, porém existem inúmeras e surgirão ainda mais aplicações para os mais diferentes domínios. Em (ASIN; GASCON, 2012) foram listados 54 domínios de aplicativos em doze categorias: cidades inteligentes, ambientes inteligentes, água inteligente, medição inteligente, segurança e emergência, varejo, logística, controle industrial, agricultura inteligente, agricultura animal inteligente, automação doméstica e eHealth. Uma análise mais profunda dos vários domínios de aplicação, cenários e principais tecnologias empregadas pode ser encontrada nos trabalhos (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010), (GUILLEMIN; FRIESS, 2009), (PERERA et al., 2013) e (ASIN; GASCON, 2012).

3 CONSCIÊNCIA DE SITUAÇÃO NA IOT

Este capítulo traz uma base conceitual dos termos que traduzem à Consciência de Situação e apresenta as principais características de um ambiente IoT em sistemas conscientes de situação.

3.1 Conceitos

Nesta seção serão discutidos conceitos relacionados à “Consciência de Situação”, os quais irão constituir a base conceitual necessária para o estudo e pesquisa da Consciência de Situação na IoT.

3.1.1 Contexto

Em sistemas computacionais, contexto é um instrumento de apoio à comunicação entre sistemas e/ou aplicações e seus usuários. São informações consideradas importantes, obtidas do mundo físico ou lógico, através de dados coletados por sensores.

Segundo (VIEIRA; TEDESCO; SALGADO, 2009) contexto é o conhecimento que está por trás da habilidade de discriminar o que é ou não importante em um dado momento, apoiando indivíduos a melhorar a qualidade da conversação e a compreender certas situações, ações ou eventos. Já o termo elemento contextual (CE, do inglês *Contextual Element*) refere-se a dados, informações ou conhecimento, que podem ser utilizados para definir um contexto.

Uma definição clássica e ainda bastante referenciada é a que Dey propôs em (DEY, 2001) em que contexto é “qualquer informação que caracteriza a situação de uma entidade, sendo que uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto considerados relevantes para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a aplicação. O contexto é tipicamente a localização, a identidade e o estado das pessoas, grupos ou objetos físicos e computacionais”.

O conceito de contexto tem sido objeto de estudo em diversas áreas, onde podemos destacar as de Psicologia Cognitiva, Linguística e Computação. Na Computação as áreas de Computação Ubíqua e Inteligência Artificial foram as pioneiras em estudar

e utilizar o conceito de contexto, demonstrando o potencial da aplicação desse conceito nos sistemas computacionais. Pesquisas recentes vêm utilizando o conceito de contexto para beneficiar sistemas ligados a outras áreas tais como (ALMEIDA et al., 2013):

- **sistemas colaborativos:** utilização de contexto para melhorar a interação e produtividade do grupo, aplicado por exemplo, na área médica;
- **hipermídia adaptativa:** possibilidade de personalização e adaptação do conteúdo de sites Web a partir de contextos;
- **integração de dados:** facilitando a resolução de conflitos semânticos com a utilização de contextos;
- **interação humano-computador:** o contexto é utilizado para adaptar as interfaces dos sistemas tornando mais intuitiva a sua interação com os usuários.

Dentre as motivações para a utilização de contexto estão:

- Auxilia a comunicação entre pessoa-computador e computador-computador, reduzindo complexidade, conflitos e ambiguidades;
- Amplia formas de comunicação ao não necessitar intervenção explícita do usuário;
- Facilita a compreensão de tarefas e trabalhos em grupos;
- Ajuda a compreender situações e eventos;
- Permite adaptação de sistemas, como:
 - Habilitar/desabilitar funcionalidades;
 - Prover serviços e informações relevantes à situação.

3.1.2 Consciência de Contexto

A Consciência de Contexto é a capacidade de um sistema em usar o contexto para prover serviços e/ou informações relevantes para o usuário (PERNAS, 2012).

Estes sistemas ditos como conscientes de contexto podem ser definidos da seguinte forma (VIEIRA; TEDESCO; SALGADO, 2009) “aqueles que gerenciam elementos contextuais relacionados a uma aplicação em um domínio e usam esses elementos para apoiar um agente, humano ou de software, na execução de alguma tarefa. Esse apoio pode ser alcançado pelo aumento da percepção do agente em relação à tarefa sendo executada ou pelo provimento de adaptações que facilitem a execução da tarefa”.

Os sistemas conscientes de contexto devem ser flexíveis, adaptativos, e capazes de atuar automaticamente para ajudar o usuário na realização de suas atividades.

O sistema de gerenciamento de e-mails da Google (Gmail) e Guias Turísticos Móveis são dois exemplos de sistemas que utilizam a Consciência de Contexto para prover serviços aos seus usuários. O Gmail utiliza recomendação de links e propaganda adaptada ao conteúdo do e-mail que está sendo lido pelo usuário. Para isso, ele extrai e utiliza informações contextuais, sob a forma de palavras-chave, contidas no e-mail em leitura e, também no histórico de e-mails. Além disso, o Gmail utiliza uma abordagem contextual para manter as mensagens, usando o conceito de discussão, ou seja, ele agrupa uma mensagem e as respostas a ela associadas como se fossem uma única mensagem, simulando, assim, uma conversa. Já os Guias Turísticos Móveis proporcionam serviços que dispõem de uma variedade de informações turísticas relacionadas com a viagem, como acomodações, emergências, gastronomia, compras e lazer.

3.1.3 Situação

Uma **situação** consiste da interpretação de um conjunto de elementos contextuais instanciados relacionando cada um de forma a prover alguma informação válida em um intervalo de tempo específico.

A Figura 5 ilustra a relação entre os conceitos que traduzem o termo situação. Nela pode-se ver o contexto, Figura 5(a), como um conjunto de elementos contextuais (Pessoa, Atividade, Dispositivo, Tempo e etc). Já na Figura 5(b) os elementos contextuais estão instanciados, ou seja, foram atribuídos valores ou denominações a cada elemento como exemplificado nos casos, “Pessoa = José” e “Local = Em trânsito”. Por fim a Figura 5(c) caracteriza a “Situação” como parte do conjunto de elementos contextuais instanciados que compõem o contexto e possuem alguma ligação lógica.

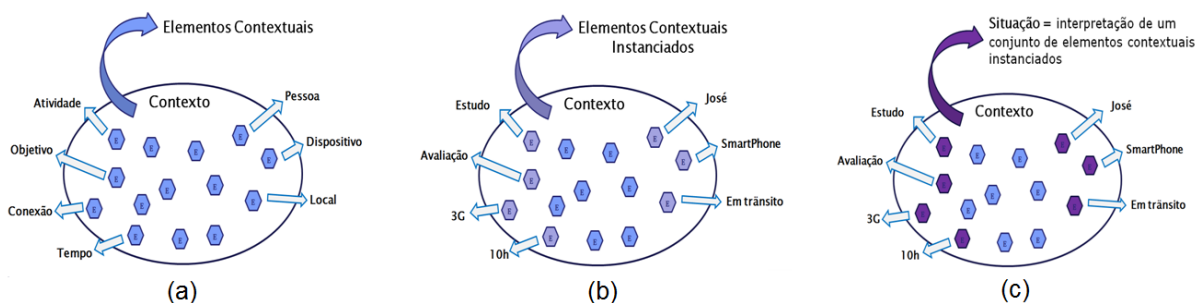


Figura 5: Relação entre conceitos: (a) contexto, (b) elementos contextuais instanciados e (c) situação

Existem seis questões que devem ser levadas em consideração (quem, o quê, quando, onde, por que e como) para a identificação de uma situação. A representação

que identifica estas questões é chamada *framework 5W+1H* (GUTWIN; GREENBERG, 2002) e encontra-se descrita na Tabela 1. A resposta a estes questionamentos auxiliam na compreensão e avaliação para a determinação de um “contexto” ou “situação”, porém em determinadas aplicações algumas destas perguntas são mais importantes que outras. A utilização total ou parcial dos 5W+1H dependerá da aplicação e das informações possíveis de serem coletadas. Quanto maior o número de dados captados, mais precisas e completas serão as informações de situação.

Tabela 1: *Framework 5W+1H*

Quem (<i>Who</i>)	Informação de presença e disponibilidade dos indivíduos no grupo, e de identificação dos participantes envolvidos num evento ou numa ação.
O quê (<i>What</i>)	Informação sobre a ocorrência de um evento de interesse ao grupo.
Onde (<i>Where</i>)	Informação espacial, de localização, o local onde o evento ocorreu.
Quando (<i>When</i>)	Informação temporal sobre o evento, o momento em que o evento ocorreu.
Como (<i>How</i>)	Informação sobre a maneira como o evento ocorreu.
Por que (<i>Why</i>)	Informação subjetiva sobre as intenções e motivações que levaram à ocorrência do evento.

O termo “evento” presente na descrição das questões 5W1H da Tabela 1, trata-se de uma ocorrência única dentro de um ambiente, geralmente envolvendo uma tentativa de mudança de situação.

3.1.4 Consciência de Situação

A Consciência de Situação é tida como uma particularização da Consciência de Contexto, onde situações são vistas como contextos logicamente ligados (ANAGNOSTOPOULOS; NTARLADIMAS; HADJIEFTHYMIADES, 2006). A existência de dados de contexto vagos levam a uma modelagem e interpretação da situação, também de forma vaga.

Entende-se por Consciência de Situação a percepção de uma ou mais situações com relação ao tempo ou espaço, a compreensão do seu significado e a projeção do seu estado depois da mudança de alguma variável, como, por exemplo, um evento pré-determinado.

A noção de situação é usada como um conceito de alto nível para representação de estado (ROLIM, 2011). Aplicações que se utilizam de técnicas de sensibilidade à situação são chamadas de aplicações conscientes de situação. Nelas, interpretações semânticas externas de contexto de baixo nível permitem uma especificação de alto nível do comportamento humano e da sua interação com o sistema.

Dessa forma podemos representar o estado de abstração da informação em níveis de uma pirâmide em camadas, conforme ilustra a Figura 6. Dados coletados por sensores representam a informação de menor nível e maior quantidade, esses dados brutos são transformados em informações contextuais, de forma a elevar o seu nível, através desses dados contextualizados são identificadas situações que representam a informação em seu nível máximo, fornecendo assim conhecimento sobre o que está acontecendo para posterior tomada de decisão e ação em um sistema consciente de situação.

Na pirâmide é demonstrado que as informações de contexto de baixo nível são semanticamente interpretadas por camadas de contexto de mais alto nível (situação), que geram conhecimento a cerca do sistema.

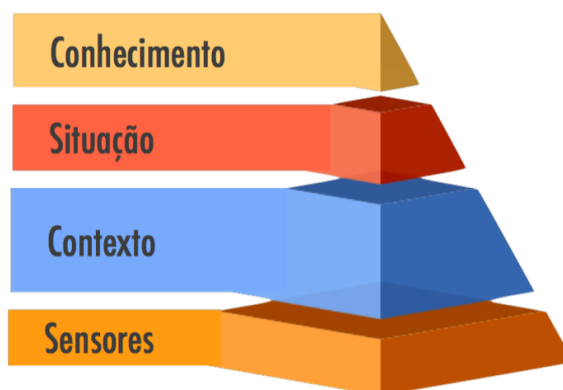


Figura 6: Níveis de abstração da informação. Fonte: (ALMEIDA et al., 2013)

Uma vantagem das aplicações sensíveis à situação está ligada a facilidade de proporcionar uma representação compreensível pelos humanos dos dados gerados para as aplicações.

As interpretações do contexto podem apresentar as seguintes situações:

- **Generalização:** uma situação pode ser considerada como mais generalista que outra se a sua ocorrência tem implicação em outra mais específica.
- **Composição:** uma situação pode ser decomposta em um conjunto de pequenas situações.
- **Dependência:** uma situação depende de outra situação se a ocorrência da primeira é determinada pela ocorrência da segunda.
- **Contradição:** duas situações podem ser consideradas como mutuamente exclusivas uma da outra se elas não podem ocorrer ao mesmo tempo, no mesmo lugar e com o mesmo objeto.

- **Sequência temporal:** uma situação pode ocorrer antes ou após outra situação, ou ainda no intervalo de outra situação.

Para o desenvolvimento de arquiteturas de software com suporte a execução de aplicações sensíveis à situação, algumas características devem ser atendidas:

- I) Suporte para especificar os requerimentos da sensibilidade à situação para as aplicações/agentes móveis, incluindo contexto e situações de interesse, e comportamento das aplicações/agentes em diferentes situações.
- II) Suporte para descoberta de contexto do ambiente baseando-se nas necessidades das diferentes aplicações/agentes existentes, adquirir contextos de várias fontes e entregar os dados dos contextos adquiridos para as aplicações móveis.
- III) Suporte para análise dos dados de contexto adquiridos para determinar a situação, a entrega dos resultados obtidos da análise da situação para as aplicações móveis em um intervalo de tempo aceitável para disparar as ações ou adaptações necessárias.
- IV) Suporte para compartilhamento de informações de contexto e de situações entre as aplicações móveis.
- V) Suporte para reconfiguração das aplicações móveis em tempo de execução devido a requisitos da Consciência de Situação.
- VI) Suporte para incorporação de vários mecanismos de reconhecimento/aprendizado das análises de situações.
- VII) Interoperabilidade sintática e semântica entre as diferentes aplicações distribuídas.

Aplicações ubíquas requerem vários contextos para se comunicar e prestar seus serviços aos usuários. Entretanto, as técnicas de Consciência de Contexto não são suficientemente adequadas para trabalharem com múltiplos contextos e as interações dos usuários.

A Consciência de Situação tem por objetivo suprir tais dificuldades com uma modelagem de mais alto nível, com tópicos de pesquisa envolvendo as seguintes questões:

- **Representação:** definir as primitivas que serão utilizadas para construir a especificação lógica da situação.
- **Especificação:** formar uma especificação lógica da situação a qual pode ser adquirida por especialistas ou aprendida por dados de treinamento.

- **Raciocínio:** inferir situações de uma grande quantidade de dados imperfeitos de sensores e como manter a consistência e integridade de conhecimento das situações.

Sendo assim, a Consciência de Situação é uma forma promissora de resolução de limitações com relação à simplicidade dos modelos de representação de contexto, auxiliando no desenvolvimento de aplicação mais robustas e que possam, realmente, atender as necessidades do usuários.

3.2 Aspectos de IoT relativos à Consciência de Situação

Com o surgimento da tecnologia RFID o cenário IoT começou a ser vislumbrado, pois possibilitou que objetos pudessem possuir identificação única e que estes fossem acessados pela Internet, permitindo sua rastreabilidade. No entanto, a tecnologia RFID não é suficiente para que cenários mais ambiciosos se tornem realidade.

Isto pode ser demonstrado através do seguinte exemplo: uma pessoa ao sofrer um acidente em seu carro faz com que automaticamente seja enviado alerta a um hospital próximo. Este alerta serve como notificação para que os outros automóveis informem a seus condutores sobre o que aconteceu e a necessidade de tomar uma nova rota. Tal nível de comunicação entre objetos não seria possível com etiquetas RFID, pois envolve ações mais complexas. O automóvel deve conter sensores, como giroscópios e acelerômetros, para determinar sua posição e mudança abrupta de direção. Também deve ter conexão com a Internet para poder enviar mensagens de emergência, assim como os outros automóveis que irão receber, através da Internet, sugestão de um desvio de rota. Todo este processo deverá ser gerenciado por um sistema consciente de situação.

Este exemplo denota um cenário IoT de um sistema consciente de situação. Esta afirmação é fundamentada pelo motivo que todos os objetos envolvidos estão conectados e se comunicando pela Internet, cenário IoT. Estes objetos possuem sensores e outras tecnologias que permitem a coleta de dados para posterior análise da situação por um servidor, que culminará em uma tomada de decisão pelo sistema, portanto consciente de situação.

O exemplo também demonstra que em um cenário IoT consciente de situação existe a necessidade da integração de diversas tecnologias, além de monitoramento e coleta de dados contextuais que forneçam informações de situação com o intuito de se obter conhecimento sobre o sistema. Conhecimento este que pode gerar uma ação, caso necessário.

Esta seção visa demonstrar características IoT presentes em sistemas conscientes de situação.

3.2.1 Aquisição de dados em rede de sensores

Um dos componentes essenciais em IoT é a rede de sensores. Uma rede de sensores é composta por um ou mais nós de sensores, que se comunicam entre si usando tecnologias sem fio e com fio.

Uma rede de sensores pode ser classificada basicamente como proativa ou reativa. Nas redes proativas, os sensores trocam informações periodicamente. Nas redes reativas, as trocas de informações só ocorrem quando determinados eventos são sensorados. Quanto à arquitetura (PERERA et al., 2013), uma rede pode ser classificada em: arquitetura plana (transferência de dados entre os nós ocorre do nó sensor estático para o nó *sink* (“sorvedouro”) usando a forma *multi-hop* (múltiplos saltos); arquitetura de duas camadas (nós *sink* móveis e estáticos são implantados para coletar dados de outros nós) e arquitetura de três camadas (várias redes de sensores são ligadas através da Internet). A IoT utiliza a arquitetura de três camadas.

Múltiplas redes de sensores podem ser conectadas, através de diferentes tecnologias e protocolos. Em sua maioria, os sensores presentes em redes de sensores são sem fio. Dentre as tecnologias existentes utilizadas para construir redes de sensores sem fio estão:

- WPAN (*Wireless Personal Area Network*): Bluetooth;
- WLAN (*Wireless Local Area Network*): Wi-Fi;
- WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*): WiMAX;
- WWAN (*Wireless Wide Area Network*): redes 2G e 3G;
- Rede de satélites: GPS.

Existem dois tipos de protocolos de comunicação para redes de sensores sem fio; os que não são baseados em IP (por exemplo: *Zigbee* e *Sensor-Net*) e protocolos baseados em IP (IPv6, *PhyNet* e *NanoStack*).

Sensores são responsáveis em adquirir o contexto. Aquisição do contexto refere-se ao processo de monitorar, capturar e/ou obter informações contextuais, informações estas que irão contribuir para uma melhor interação entre os objetos presentes em um cenário IoT. A informação contextual pode ser adquirida a partir de diversas fontes, tais como (VIEIRA et al., 2006):

- **sensores físicos:** são o tipo mais comum de sensores, tangíveis e geram dados por si só. Os dados obtidos a partir destes sensores são chamados de contexto de baixo nível. Possuem menos significância e apresentam vulnerabilidade a pequenas mudanças. São responsáveis por capturarem informações

sobre o ambiente físico, tais como luz, temperatura, umidade, gás. Alguns pontos positivos são: a detecção de erros e a possibilidade de identificar falta de valores de forma relativamente fácil; ser mais eficiente devido a ter acesso às configurações do sensor de baixo nível. Como pontos negativos destacam-se: Implantação e manutenção de hardware que pode ser custosa; tratar com sensores e programação de baixo nível, desenvolvimento, teste, depuração; fornecimento de dados brutos e de baixo nível.

- **sensores virtuais:** estes sensores não geram necessariamente dados por si mesmos, eles recuperam dados de outras fontes e publicam como dados de sensores. Podem ser utilizados para coletar informações que não podem ser medidas fisicamente, tais como detalhes de calendário, e-mail, bate-papo, mapas, dados de redes sociais, preferências do usuário. Alguns pontos positivos são: fornecimento de dados significativos; informações de contexto de alto nível; dados fornecidos não precisam de processamento; não é necessário lidar com tarefas de nível de hardware. Como pontos negativos destacam-se: dificuldade de encontrar erros nos dados; preenchimento de valores ausentes não é uma tarefa fácil, já que em sua maioria são dados não numéricos e imprevisíveis.
- **sensores lógicos:** combinam sensores físicos e sensores virtuais, a fim de produzir informações mais significativas, utilizados para coletar informações que não são possíveis de coletar diretamente através de um único sensor físico, e em situações que são necessárias o processamento e fusão de dados de vários sensores, como por exemplo, informações sobre o tempo, o reconhecimento de atividade, reconhecimento de localização. Alguns pontos positivos são: fornecimento de dados altamente significativos; provimento de informações de contexto de alto nível; normalmente informações mais precisas; não é necessário lidar com tarefas de nível de hardware. Como pontos negativos destacam-se: dificuldade de encontrar erros em dados; preenchimento de valores ausentes não é uma tarefa fácil, já que em sua maioria os dados são valores não numéricos; não se tem controle sobre processo de produção de dados.

As informações contextuais podem ser classificadas das seguintes formas (HENRICKSEN; INDULSKA, 2005):

- **informações percebidas:** são provenientes de sensores físicos ou lógicos, possuem uma baixa persistência. As informações podem ser imprecisas, desconhecidas ou caducas, e suas fontes de imperfeição são erros na percepção, falhas do sensor ou desconexões da rede;
- **informações provenientes de perfil:** são fornecidas pelo próprio usuário, possuem uma persistência moderada. As informações tendem a caducar, e suas

fontes de imperfeição são a omissão do usuário em atualizar mudanças ocorridas;

- **informações derivadas:** são aquelas obtidas por meio de mecanismos de derivação, possuem uma persistência variável. As informações estão sujeitas a erros e imperfeições, e suas fontes de imperfeição são entradas imprecisas, mecanismo de derivação imaturo ou simplificado.

É importante que a tarefa de aquisição de contexto permaneça em constante execução, e é desejável que seja implementada de forma independente das aplicações que a utilizem, possibilitando assim que diversas aplicações possam fazer uso das mesmas informações contextuais.

3.2.2 Processamento dos dados

Os dados adquiridos pelos sensores podem sofrer um processamento prévio, ainda nos nós sensores, a fim de reduzir a quantidade de informações transmitidas dependendo do interesse e capacidade de processamento, memória, comunicação e consumo de energia dos dispositivos envolvidos em uma rede de sensores. Porém a principal função dos sensores é adquirir os dados brutos que serão transformados em dados de contexto, através de algum raciocínio ou inferência. Após, estas informações contextuais precisam ser representadas de acordo com algum modelo de representação, para finalmente serem processadas.

Modelagem do contexto

A quantidade de informação capturada e acessada num modelo de representação do contexto é significativa, com isso, os estudos de técnicas para representação de informações contextuais vem se tornando cada vez mais importantes.

O processo de modelagem de contexto consiste na concepção de um modelo de entidades do mundo real, suas propriedades, estado de seu ambiente e situações que podem ser usados como referência para a aquisição, interpretação e raciocínio de informações contextuais (KNAPPMAYER et al., 2013). A modelagem das informações de contexto reduz a complexidade das aplicações conscientes ao contexto, facilita o acesso às informações realizando buscas de forma eficiente, e melhora a capacidade de manutenção e de evolução da aplicação.

Existem diversos modelos para representação do contexto, tais como: chave-valor, linguagem de marcação, gráfico, orientado a objetos, lógico, ontológico. Modelos híbridos de modelagem de contexto são considerados os mais promissores, pois combinam diferentes técnicas de modelagem, com diferentes níveis de interpretação, para diferentes aspectos.

Processamento do contexto

Processamento de Contexto pode ser definido como um mecanismo de raciocínio para inferir novos conhecimentos e melhorar a compreensão dos contextos adquiridos (PERERA et al., 2013). Também pode ser apresentado como um processo de realizar deduções de contexto de alto nível a um conjunto de contextos de baixo nível. A necessidade de raciocínio surgiu devido as características do contexto, tais como, imperfeição e incerteza dos dados.

Um número significativo de mecanismos provenientes dos campos da inteligência artificial e com base em sistemas de conhecimento pode ser adotado para realizar o processo de raciocínio de contexto. A seguir são apresentadas algumas das técnicas utilizadas para realizar o processamento e raciocínio sobre a informação contextual presentes nos trabalhos conscientes de contexto.

- Baseado em regras: este é um dos métodos mais simples para realizar raciocínio sobre contexto, basicamente as regras seguem um formato do tipo se-então-senão. Permite a geração de informações de contexto de alto nível utilizando contextos de baixo nível, é uma técnica simples para se definir e estender, e não necessita de uma utilização intensiva de recursos computacionais. Apresenta-se como uma das técnicas mais utilizadas em trabalhos conscientes de contexto e situação. Regras de Evento-Condição-Ação (ECA) são comumente usadas em sistemas IoT. O raciocínio baseado em regras possui alguns pontos negativos, tais como: quando se utiliza uma grande base de regras facilmente se torna confuso e intratável; as regras devem ser definidas manualmente, o que é propenso a erros devido ao trabalho manual; e não possui mecanismo para realizar a validação e verificação de qualidade. O raciocínio baseado em regras só pode ser aplicado em sistemas de suporte de contexto com propagação baseado em eventos, e não suporta imprecisão, somente sendo aplicada para respostas do tipo booleana.
- Baseado em aprendizagem supervisionada: nesta categoria estão as técnicas que utilizam um conjunto de treinamento, onde neste conjunto os dados se encontram categorizados, ou seja, está presente o resultado esperado para cada caso que será utilizado para treinamento, e em seguida é possível classificar novos eventos com base no conjunto que foi utilizado durante o treinamento. Dentre as técnicas desta categoria destacam-se: Árvores de Decisão que é uma técnica de aprendizado supervisionado onde é construída uma árvore a partir de um conjunto de dados que podem ser utilizados para classificar os dados, e as Máquinas de Vetores de Suporte, as quais são amplamente utilizadas para reconhecimento de padrões em computação consciente de contexto. Os pontos positivos destas técnicas são que costumam alcançar um alto grau de precisão,

a disponibilidade de modelos alternativos, além de possuir uma boa base matemática e estatística. Dentre as dificuldades encontradas na utilização destas técnicas pode-se citar: a exigência de quantidade significativa de dados para treinamento; pode ser necessário uma maior utilização de recursos computacionais, tais como, processamento, armazenamento; seleção de dados que serão utilizados, de forma a não tornar o processamento muito custoso.

- Baseado em aprendizagem não supervisionada: estas técnicas utilizam um conjunto de treinamento para aprender, mas estes dados não estão categorizados, eles não possuem o resultado esperado. Nesta categoria destacam-se as técnicas de agrupamento, como a técnica k Vizinhos Mais Próximo. Estas técnicas costumam ser utilizadas em redes de sensores, para realizar tarefas como de roteamento, e também nas operações de posicionamento e localização. As técnicas utilizadas possuem destaque por conseguirem aprender sem precisarem de um conjunto de treinamento com as respostas esperadas. Como pontos negativos destacam-se: dificuldade em realizar a validação; complexidade que os modelos podem alcançar; imprevisibilidade dos resultados; utilização de recursos computacionais podem se tornar intensivos.
- Baseado em lógica descritiva: é aplicado em conjunto com a representação de contexto ontológico. A modelagem semântica de conceitos (classes), papéis (propriedades, relações) e indivíduos, permitem que o conhecimento a ser especificado seja interpretável por máquina. O raciocínio baseado em ontologias é computacionalmente intensivo e o tempo de resposta dependerá em grande parte do tamanho do conjunto de dados e do conjunto de regras presente na ontologia. Além da complexidade de raciocínio, a concepção de uma ontologia é dita ser uma tarefa complexa que exige conhecimentos de domínio. Como pontos positivos do raciocínio baseado em lógica descritiva têm-se a possibilidade de raciocínio complexo, representação complexa, resultados significativos, e a possibilidade de validação e verificação da qualidade. Os pontos negativos na sua utilização destacam-se: a necessidade de os dados precisarem ser modelados em formatos compatíveis; o baixo desempenho, já que podem exigir um tempo maior para realizar o processamento; necessidade de um maior poder computacional.
- Baseado em lógica probabilística: estas técnicas permitem que as decisões sejam tomadas com base em probabilidades associadas aos eventos. Pode ser utilizado para combinar os dados dos sensores a partir de fontes diferentes. Além disso, pode ser usado para identificar as resoluções de conflitos entre contextos. Na maioria das vezes estas técnicas são usadas para entender ocorrência de eventos. O raciocínio probabilístico é especialmente aplicável em

ambientes conscientes de contexto, devido as potenciais falhas temporárias na comunicação com os sensores, e a possibilidade de medições imprecisas de sensores físicos. As principais vantagens desta estratégia são a possibilidade de combinar eventos, lidar com a incerteza, e fornecer resultados moderadamente significativos. E como pontos negativos destacam-se a dificuldade de só trabalhar com valores numéricos e a necessidade de saber as probabilidades dos eventos. Dentre as técnicas utilizadas nesta estratégia destaca-se *Naïve Bayes* que é considerada a estratégia generativa mais simples para a classificação de variáveis de classe com uma única dependência de valores, e os *Hidden Markov Models* que representa dados estruturados sequencialmente, permitindo que o estado seja representado usando evidências observáveis sem ler diretamente o estado.

3.2.3 Arquitetura típica de sistemas IoT conscientes de situação

A Figura 7 representa uma arquitetura IoT composta por Rede de Sensores; Outras Tecnologias e por camadas de software, como *Middleware*, *Frameworks* e APIs, que podem ser instalados em dispositivos computacionais fixos, móveis ou em nuvem, e realizam a intermediação entre os dados de coleta e/ou atuação e as aplicações e/ou serviços. Uma Rede de Sensores compreende o hardware (sensores e atuadores), firmware e uma camada de software. Em um sistema consciente de situação, os sensores são responsáveis por adquirir as informações de contexto e os atuadores de executar ações tomadas por alguma inferência ou processamento dos dados coletados.

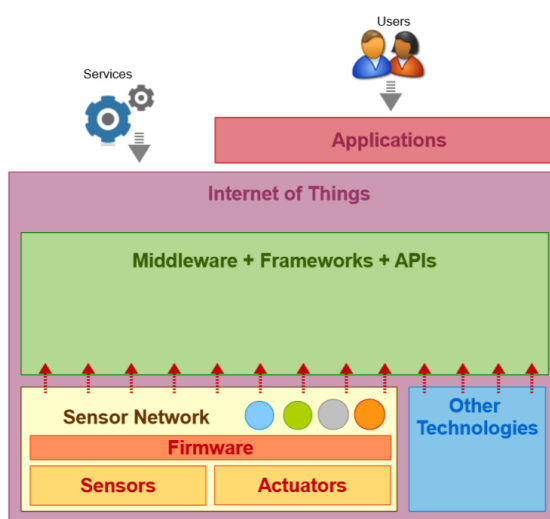


Figura 7: Arquitetura IoT. Fonte: (PERERA et al., 2013)

Em um cenário IoT, redes de sensores não são utilizadas para aplicações específicas e sim como uma rede de sensores de propósito geral que são implantados

com o objetivo de atender diferentes domínios de aplicação. Como no caso que, em um primeiro momento são instalados sensores de pressão em uma ponte recém construída para monitorar sua estrutura, no entanto estes sensores podem se conectar a muitos outros sensores e serem reutilizados para controlar o tráfego em um estágio posterior. Portanto, soluções de *middleware*, *frameworks* e APIs são projetados para fornecer serviços genéricos e funcionalidades tais como inteligência, interoperabilidade, semântica, Consciência de Situação e etc, que são necessários para executar efetivamente a comunicação entre sensores e atuadores.

Devido a amplitude de um cenário IoT, este pode ser representado por uma arquitetura híbrida (PERERA et al., 2013) que compreende duas ou mais arquiteturas diferentes. Como no caso da utilização de duas arquiteturas: arquitetura orientada por eventos e arquitetura orientada por tempo. Alguns sensores produziram dados quando da ocorrência de um evento (por exemplo sensor de abertura de porta) e os outros produziram dados continuamente, com base em períodos de tempo especificados (por exemplo, sensor de temperatura).

4 TRABALHOS EM CONSCIÊNCIA DE SITUAÇÃO NA IOT

Neste capítulo serão apresentados cinco trabalhos conscientes de situação em ambientes IoT. A seleção destes foi realizada visando demonstrar a amplitude dos cenários IoT, em seus mais diferentes domínios de aplicação. Nos trabalhos foram caracterizados suas motivações, objetivos e arquiteturas. Ao final foi feita uma análise, levando em consideração os seguintes requisitos: visões IoT de pesquisa, suporte a redes de sensores, característica da arquitetura e domínio de aplicação.

4.1 IoT-A (*Internet of Things - Architecture*)

IoT-A é um projeto europeu que teve como objetivo criar um modelo arquitetural de referência para a Internet das Coisas (IOT-A, 2014). O grupo formado por membros do setor privado e de universidades européias, recebeu aporte do sétimo programa-quadro para pesquisa (FP7), da Comissão Européia, e teve como enfoque o desenvolvimento de uma arquitetura que fosse capaz de trazer interoperabilidade entre dispositivos, entidades e sistemas distintos; miniaturização de componentes e padronização da linguagem de comunicação. Teve início em setembro de 2010 e foi finalizado em novembro de 2013 com a apresentação das seguintes metas cumpridas:

- modelo de referência de arquitetura IoT, definindo princípios e diretrizes para a concepção técnica de seus protocolos, interfaces e algoritmos;
- mecanismos correspondentes para a integração eficiente na camada de serviços da Internet do futuro;
- nova resolução de infraestrutura, que permite uma visão escalável e de descoberta de recursos IoT de mais alto nível, entre entidades do mundo real e suas aplicações;
- componentes da nova plataforma;
- implementação de estudos de caso reais que demonstram os benefícios da arquitetura desenvolvida.

Uma visão da arquitetura é mostrada na Figura 8. Esta é representada por uma árvore, onde suas raízes abrangem todo um conjunto selecionado de protocolos de comunicação (6LoWPAN, Zigbee, IPv6,...) e tecnologias de dispositivos (sensores, atuadores, etiquetas RFID,..), enquanto as flores/folhas da árvore demonstram todo o conjunto de aplicativos que podem ser construídos a partir da seiva (i.e., dados e informações) fornecidos pela raiz. O tronco da árvore é de extrema importância, pois significa o elo de ligação entre as raízes e as folhas e está representado pelo *Architectural Reference Model* (ARM). O ARM é a combinação entre o modelo de referência e a arquitetura de referência, bloco construtor que possibilita a criação de um maior número de sistemas interoperáveis IoT, em seus mais diferentes domínios.



Figura 8: Árvore IoT-A - Visão do projeto. Fonte: (IOT-A, 2014)

A Figura 9 mostra uma visão geral do processo usado para definir o ARM. A partir de “Soluções e arquiteturas existentes”, os requisitos genéricos de base podem ser extraídos e usados como uma entrada para o ARM, que fornece as práticas recomendadas (orientações) para as “Organizações”, fazendo com que estas implementem arquiteturas compatíveis em diferentes domínios de aplicação. O ARM é constituído por três partes:

- **Modelo de Referência IoT:** fornece o mais alto nível de abstração para a definição do modelo de referência arquitetônico. Sua descrição inclui um discurso geral sobre o domínio IoT, um modelo de domínio com uma descrição de

alto nível, um modelo de informações explicando como o conhecimento vai ser modelado e um modelo de comunicação para entender os detalhes específicos da comunicação entre os vários e heterogêneos dispositivos e a Internet como um todo.

- **Arquitetura de Referência IoT:** é a referência para a construção de arquiteturas IoT compatíveis. Como tal, fornece visões e perspectivas sobre os diferentes aspectos arquitetônicos que virão a ser motivos de preocupação para os projetistas.
- **Diretrizes:** nesta etapa são discutidos os modelos, visões e perspectivas que poderão ser concretamente utilizados.

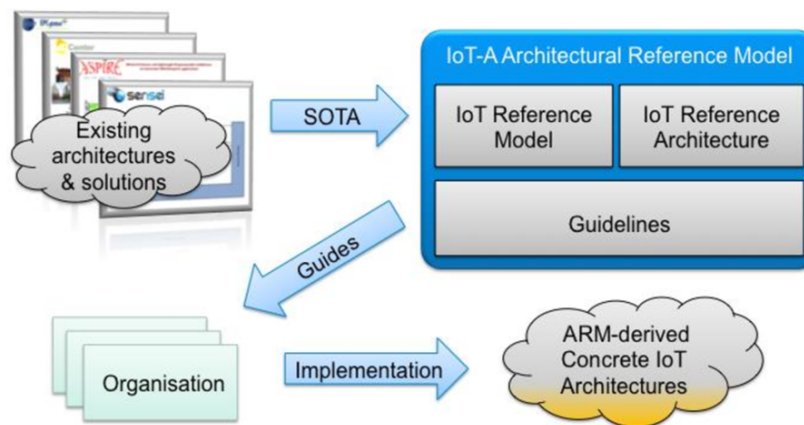


Figura 9: Arquitetura IoT-A. Fonte: (IOT-A, 2014)

4.2 *Enabling Ubiquitous Sensor-Assisted Applications on the Internet-of-Things*

Este trabalho apresenta uma nova abordagem para aplicações conscientes de contexto em um ambiente IoT que realizam sensoriamento em larga escala, tempo real, compartilhamento dos dados sensorados com diferentes dispositivos e que possibilitam serviços adaptados ao usuário (FORSSTRÖM; KANTER, 2014).

O trabalho relata que atualmente as aplicações conscientes de contexto possuem um cenário bastante restrito, o que possibilita gerenciar a comunicação sem problemas de escalabilidade. No entanto, em um cenário IoT com cada vez mais dispositivos conectados trocando informações, cresce o número de sensores coletando os mais diversos dados, o que acarreta em um aumento significativo de informações contextuais adquiridas e na necessidade dessas informações serem atualizadas de maneira mais rápida a fim de se obter um melhor tempo de resposta do sistema, tornando necessário

a resolução de problemas de escalabilidade e processamento em tempo real. Para tal o trabalho propõe uma solução que é baseada em um sistema totalmente distribuído e que fornece a entrega de informações em tempo real.

A solução é constituída de uma plataforma para IoT em nível de aplicativo que fornece informação distribuída *peer-to-peer* dos sensores, de forma confiável entre entidades ligadas, tendo também um modelo de informação extensível que permite um comportamento inteligente do aplicativo. Qualquer dispositivo ativo na plataforma pode se conectar com outros pares e compartilhar informações de forma eficiente. Isto também inclui clientes móveis sendo executados em dispositivos com recursos limitados, tais como *smartphones*.

Baseado em pesquisa dos trabalhos relacionados foi proposta uma arquitetura totalmente distribuída, devido a esta possuir uma melhor escalabilidade em relação as arquiteturas centralizada e semi-distribuída, além de não conter um único ponto centralizado para o gerenciamento das informações contextuais.

Cada entidade (pessoa, local ou coisa) possui sensores (S), atuadores (A), e capacidade para armazenar e gerenciar informações de contexto. As várias entidades são conectadas através de uma arquitetura comum de comunicação com um sistema de apoio *back-end*. A idéia é que todas as entidades conectadas devem ser capazes de comunicar-se com todas as outras entidades de forma totalmente distribuída, mas com acesso a diferentes sistemas de apoio para tarefas pesadas de recurso, como persistência e cálculos demorados.

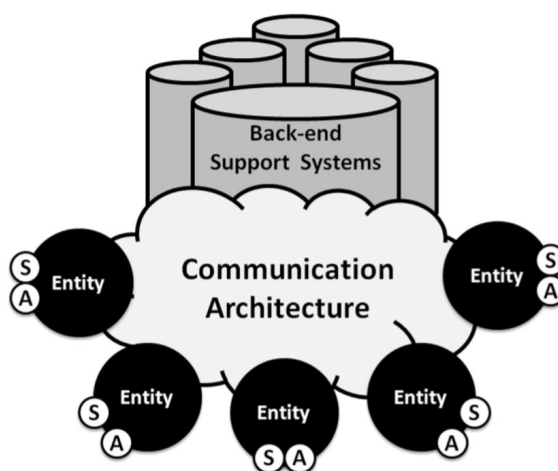


Figura 10: Visão geral da arquitetura proposta totalmente distribuída. Fonte: (FORSTRÖM; KANTER, 2014)

A arquitetura proposta é apresentada na Figura 10 e possui os seguintes componentes:

- **Entidades de Contexto:** pessoas, coisas, locais e etc. são considerados entidades distintas sensíveis ao contexto. As entidades possuem uma representação

digital de sua situação atual, uma forma de auto-perspectiva chamada esquema de contexto. Este esquema de contexto contém todos os conhecimentos relevantes para o contexto e a situação atual de uma determinada entidade e é composto pelo conjunto de todas as informações contextuais locais e todas as informações contextuais relevantes de outras entidades.

- **Arquitetura de Comunicação:** esta deve prover os meios para a troca de informações em tempo real e suporte para uma ampla gama de aplicações, evitando quaisquer pontos de falha. A forma apresentada para permitir disponibilidade de recursos em tempo real é a de troca direta de dados entre entidades, sem uso de proxy ou gerência intermediária. Para tal, torna-se necessário uma arquitetura totalmente distribuída, capaz de troca *peer-to-peer* para minimizar o atraso e leve, de modo a rodar em dispositivos limitados. Também deve ser transparente e abrangente para o usuário, para que o usuário possa se concentrar no que é importante, ou seja, sua própria vida e os benefícios dos serviços em uso.
- **Sistemas de Suporte *Back-End*:** serviços como, persistência dos dados, valores históricos dos sensores, elevado raciocínio computacional, cobrança e privacidade são muito difíceis de lidar de forma completamente distribuída com dispositivos de recursos limitados. Assim, foi introduzido nós com responsabilidades maiores e melhores recursos ligados à arquitetura de comunicação. Esses sistemas de apoio agem como um *back-end* para diferentes aplicações, que podem exigir recursos adicionais.

4.3 *Secure Communication for Smart IoT Objects: Protocol Stacks, Use Cases and Practical Examples*

O presente trabalho (BONETTO et al., 2012) relata que em cenários IoT cujas fontes de informações são de natureza pervasiva, é adquirido uma grande grande quantidade de dados relativos a possivelmente todos os aspectos da atividade humana, tanto pública como privada. Estes dados produzidos serão coletados, armazenados, processados e transmitidos, levando a uma preocupação quanto a integridade e confidencialidade desses dados transmitidos, bem como a autenticação (confiabilidade) dos serviços que utilizam tais informações. Portanto, a segurança é uma funcionalidade crítica em sistemas IoT.

Redes de dados, especialmente sem fio, são propensas a um grande número de ataques como espionagem, falsificação, negação de serviço e assim por diante. Sistemas ligados à Internet atenuam esses ataques apoiando-se na camada de enlace, camada de rede, camada de transporte ou criptografia da camada de aplica-

tivo e autenticação dos dados subjacentes. Embora algumas dessas soluções são aplicáveis ao domínio, as capacidades de processamento e comunicação inerentemente limitadas de muitos dispositivos impedem a utilização de suites de segurança.

A configuração de canais seguros *end-to-end* é possível hoje em dia dentro do domínio de rede irrestrita (UCN) através de um número de tecnologias maduras como IPsec, SSL/TLS ou DTLS, que no entanto não podem ser diretamente aproveitadas pelos nós de rede restrita (NC) devido ao espaço de memória e restrições de poder de processamento. Para a solução deste problema o trabalho apresenta uma arquitetura de segurança com os seguintes critérios:

- suites de segurança atualmente empregados em UCNs devem continuar a serem utilizados sem modificações no lado UCN;
- segurança/procedimentos originais acordados são tratados de forma diferente dentro da CN para que nós restritos possam lidar com sua complexidade, sendo portanto, capazes de estabelecer canais seguros *end-to-end*;
- nós não restritos não devem notar qualquer desvio de seus procedimentos padrões.

A arquitetura proposta é ilustrada pela Figura 11, onde pode-se verificar os blocos funcionais de segurança à esquerda e a pilha de protocolos de comunicação à direita possuindo um forte elo de ligação. Os componentes da arquitetura são descritos a seguir:

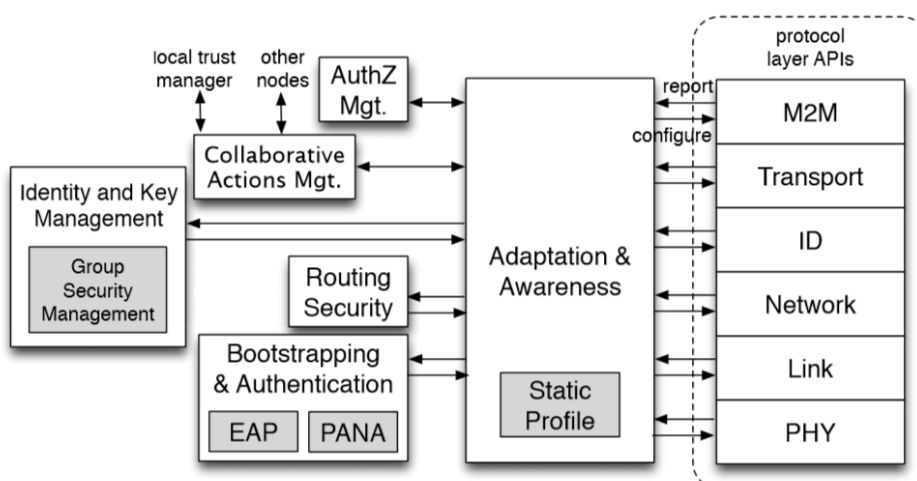


Figura 11: Arquitetura de protocolo seguro para IoT. Fonte: (BONETTO et al., 2012)

Pilha de protocolos de comunicação

- **Machine-to-Machine (M2M)**: camada que reside logo abaixo da camada de aplicação dos dispositivos IoT, também referida como a camada de serviço. Aborda a falta de interoperabilidade da atual tecnologia M2M e possibilita a comunicação entre os diferentes elementos de rede, através da tradução de mensagem ou da adoção de uma linguagem comum e descritiva. O projeto inclui um proxy de tradução adequada, que pode residir em *gateways* colocados na borda entre UCN e CN, e que têm a função de adaptar a comunicação entre estes dois domínios.
- **Transport (TRA)**: camada que fornece garantias de desempenho *end-to-end* da comunicação entre os pontos finais, especialmente em termos de entrega ordenada e confiabilidade. O transporte TCP, como é opcional para muitos dispositivos IoT varia de acordo com o *Quality of Service (QoS) end-to-end*.
- **Identification (ID)**: é uma adição a pilhas de protocolo padrão irrestritas. Esta camada é projetada para realizar a tarefa de identificação de recurso dentro do domínio IoT, até agora foi executada por endereços IP em seu duplo papel de identificadores e localizadores de rede.
- **Network (NET)**: camada que abriga o protocolo de Internet, toma conta do nó de endereçamento e roteamento de pacotes. O protocolo utilizado, por ser considerado o mais adequado, foi o IPv6.
- **Medium Access Control (MAC)**: é responsável pelo acesso ao canal, determinando assim como os dispositivos agendam suas transmissões à camada física.
- **Physical Layer (PHY)**: lida com modulação/demodulação, codificação de canal e transmissão média determinada.

Blocos de segurança

- **Bootstrapping and Authentication**: controla a entrada de nós na rede. A autenticação é realizada por um servidor (geralmente remoto) usando um protocolo de acesso de rede como o PANA (*Protocol for Carrying Authentication for Network Access*). Para maior interoperabilidade, prevê-se também o uso do protocolo EAP (*Extensible Authentication Protocol*).
- **Static Profile**: representa o conhecimento de um *endpoint* sobre seus próprios recursos (tais como identidade, bateria, poder computacional, tamanho de

memória, etc.) e as configurações de segurança que pretende ou precisa usar da rede.

- ***Collaborative Actions Management***: este bloco é chamado sempre que um nó não puder cumprir, por si só, uma tarefa que tem de realizar, por exemplo, quando a tarefa exigir demasiado poder computacional de um recurso restrito. Interage com a *trusted entity* na topologia do CN para aprender sobre possíveis pares de assistência.
- ***Identity and Key Management***: garante interação segura entre os *end-point*. Estabelece privacidade ao nó escolhendo uma identidade particular (ou pseudônimo) para uso na pilha de comunicação.
- ***Adaptation and Awareness***: responsável por configurar a pilha de protocolos do nó IoT e recolher as informações sobre seu status atual. Ao interagir com a camada IP, por exemplo, envia parâmetros de segurança (chaves) de IPsec e fornece endereços IP (ou pelo menos, sufixos) através do bloco *Identity and Key Management*. A parte da consciência do módulo contém conhecimento sobre o status do nó atual e seus recursos (ou seja, seu *Static Profile*).
- ***Group Security Management***: responsável pela aplicação de segurança *multicast* na camada IP.
- ***Routing Security***: implementa uma solução de protocolo destinada a atenuar ataques de roteamento clássicas.
- ***Authorization Management (AuthZ Mgt.)***: gerencia o acesso de entrada e saída de serviços, interagindo com a infra-estrutura existente de autorização a fim de recuperar certificados para acessar outros recursos e para verificar se os usuários autenticados estão autorizados a acessar recursos próprios, quando eles não usam certificados.

4.4 Towards Context-Aware Retail Environments: An Infrastructure Perspective

O trabalho possui como objetivo discutir formas para realização de futuros ambientes de varejo com base na IoT (MAGERKURTH et al., 2011). Tais ambientes devem oferecer aos consumidores uma experiência de compra consciente de contexto, de forma que as aplicações possam oferecer serviços como, prestação de informações sobre o produto requerido ou disponibilidade dinâmica de preço com base na qualidade estimada do produto. A discussão é focada no futuro da infra-estrutura em lojas de varejo, onde é importante lidar com a heterogeneidade, não só em nível de

protocolo ou dispositivo, mas também em nível de *middleware*, visando a integração de dispositivos móveis e fixos, tais como dispositivos digitais, etiquetas eletrônicas de prateleira e redes de sensores.

A complexidade das várias fontes de informações físicas e digitais, perfis dos usuários e preferências situacionais, impõem desafios para um processamento eficaz de contexto fornecer serviços de valor agregado dentro de um ambiente de varejo. O trabalho apresenta como estudo de caso a estimativa de qualidade de orquídeas chinesas raras. Através do sensoriamento da luminosidade, umidade e temperatura do ambiente, a qualidade futura das orquídeas é estimada e os preços são reduzidos, mesmo antes de ocorrer uma degradação perceptível de qualidade, garantindo que as mercadorias sejam vendidas antes de sua degradação.

A partir de uma perspectiva de negócios e da indústria, o cenário demonstra dois importantes conceitos relacionados ao varejo: a precificação dinâmica e o controle de qualidade de mercadorias perecíveis. A precificação dinâmica como uma ferramenta em tempo real para estratégias de otimização de preço é considerada crucial para a maximização do lucro, e baseia-se em dados da IoT recolhidos a partir de uma infraestrutura de sensores. Como uma quantidade significativa de produtos perecíveis nunca chegam ao consumidor, pois são eliminados antes, seja na loja ou na cadeia de abastecimento, a utilização de sensores neste ambiente IoT mostra-se também um conceito interessante para implementar o controle de qualidade, reduzindo assim o desperdício e aumentando os lucros.

No trabalho foi demonstrado a interoperabilidade entre plataformas IoT através da distribuição de funcionalidades para duas plataformas diferentes: *Framework* de Gerência de Contexto e Plataforma de Integração do Mundo Real.

***Framework* de gerência de contexto**

O *Context Management Framework* (CMF) é uma plataforma que simplifica o desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto. Suporta acesso semântico tanto de sensores e atuadores, porém o trabalho trata apenas da sua capacidade de gestão de sensores e informações de contexto.

O CMF consiste de vários agentes de contexto agrupados em *clusters*, podendo também ser organizado em *clusters* de *clusters*. Cada agente fornece acesso a informações armazenadas localmente e em agentes conectados, e podem aplicar políticas que definem quais aplicativos e outros agentes podem acessar determinados pares de atributo/entidade.

Um agente de contexto oferece informações para aplicações a partir de qualquer uma das seguintes fontes: sensores acessados pelo *Retriever*, contextos persistentes disponíveis a partir do componente *Storage* e *Processing Units*. Aplicativos acessam

o *framework* usando a interface CMF em um agente de contexto local, ou seja, um agente implantado no mesmo nó computacional do aplicativo. Esta interface oferece acesso via declaração da *Context Access Language* (CALA) que opera baseado na estrutura de dados da entidade/atributo. CALA suporta operações de *query*, *subscribe*, *insert*, *delete* e *update* que são executadas em um cluster de agentes de contexto. Assim aplicativos podem acessar informações de uma forma totalmente declarativa, sem necessidade de abordar cada um dos agentes diretamente, possuindo capacidade de usar uma interface unificada para acessar as informações geradas por qualquer sensor.

Plataforma de integração do mundo real

A *Real World Integration Platform* (RWIP) facilita o desenvolvimento de aplicações que integrem entidades do mundo real. Geralmente, essa integração é feita por agentes, que são projetados especificamente para cada tipo de entidade. Além disso, um agente pode implementar certa lógica de programação, não integrando qualquer entidade do mundo real à tudo.

A sua arquitetura possui o componente *Site Manager* usado em tempo de *design* para configurar os nós participantes e a distribuição dos agentes necessários para esses nós, além da configuração dos agentes em si. Todos os dados de configuração e códigos de agentes são armazenados em um repositório central, conhecido como *Central Instance*. A plataforma é responsável em tempo de execução dos nós, de carregar os agentes e suas configurações da *Central Instance* e executá-los.

A fim de alcançar um objetivo comum, os agentes se comunicam por meio de mensagens, que são definidos dentro deles. Estas mensagens podem ser tratadas de forma síncrona ou assíncrona pelos agentes, constituindo solicitação-resposta-protocolos ou comunicação baseada em eventos.

Integração

No nível de implementação ambas as plataformas são comparáveis pois utilizam uma abordagem OSGi baseada em componentes para representar dispositivos IoT, como sensores ou atuadores.

A plataforma RWIP possui foco mais centrado na configuração de sistemas estáticos, em tempo de *design* através do *Site Manager* e *Central Instance*, permitindo por exemplo, a modelagem e monitoramento central de diferentes lojas de varejo com nós individuais que representam diferentes lojas. Já a plataforma CMF, por meio de interface com declaração CALA separa aplicações de sensores e atuadores. É, portanto, mais adequada para a integração de entidades IoT altamente dinâmicas,

como telefones móveis que não são pré-definidos em uma configuração de sistema estático oferecido pela RWIP.

A arquitetura contendo a integração das duas plataformas de *middleware* usadas para refletir diferentes partes da funcionalidade do cenário vislumbrado é mostrada na Figura 12.

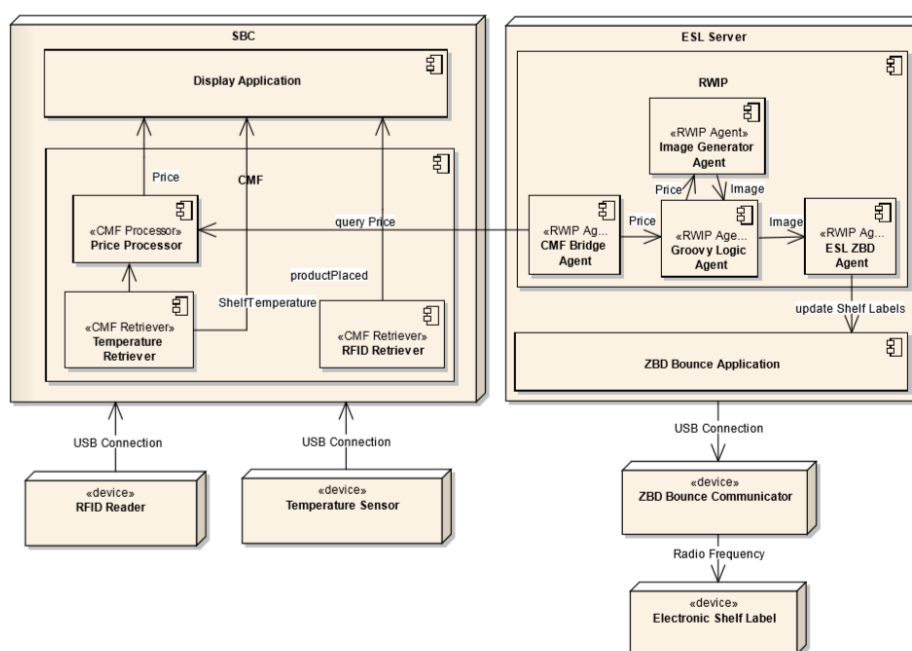


Figura 12: Arquitetura proposta de integração entre duas plataformas. Fonte: (MARGERKURTH et al., 2011)

Em geral, a CMF está mais preocupada com a informação de contexto de detecção, tais como a identificação do usuário, da interpretação e da captação de informações de temperatura por meio de sensores físicos dedicados. O componente *Price Processor* na CMF utiliza as informações do sensor para realizar a precificação dinâmica do produto, transmitindo o preço de volta para a CMF com o objetivo de disponibilizar a consulta para entidades externas, tais como um agente RWIP dedicado.

Para fins de demonstração, um display digital é controlado pela CMF como um atuador que explica a razão da precificação dinâmica da orquídea com base na qualidade. O *Display Application* é utilizado para mostrar propagandas impessoais e caso um usuário seja identificado através do sinal *Bluetooth* de seu telefone móvel, este mostrará propagandas e informações personalizadas ao usuário sobre o produto. Além disso, usando um leitor de RFID, pode-se também visualizar no display informações específicas do produto contendo etiqueta RFID, através da aproximação do produto ao leitor.

Do lado da RWIP, sua representação é composta por quatro agentes:

- **CMF Bridge Agent:** especialmente concebido com o intuito de cooperar com a CMF. Consulta a CMF através de sua interface XML RPC para pares de entidade/atributos que podem ser definidos na configuração do agente. Um evento RWIP é acionado a cada mudança do atributo.
- **Groovy Logic Agent:** pode ser configurado para executar *scripts* arbitrários, escritos na linguagem *groovy*. Esses *scripts* podem reagir a eventos RWIP especificados ou participar na comunicação de solicitação-resposta.
- **Image Generator Agent:** projetado para gerar imagens dinamicamente. A configuração é feita através de arquivos XML, que definem o layout das imagens desejadas. Cada seção neste layout pode ser configurada para conter texto ou uma imagem incorporada.
- **ESL ZBD Agent:** integra o aplicativo *ZBD Bounce Application* com o RWIP. Fornece a possibilidade de adicionar e remover etiquetas *Electronic Shelf Labels* (ESL) e atualizar o conteúdo que elas estão mostrando. Um *script Groovy* é executado ao receber um evento de alteração de preço fazendo com que uma imagem com o novo preço seja requerida ao *Image Generator Agent*. Ao final o novo preço é exibido pelo agente *ESL ZBD Agent*.

A infra-estrutura mostra como diferentes artefatos móveis e estacionários em uma loja de varejo podem ser integrados a fim de proporcionar serviços sensíveis ao contexto para o varejista.

4.5 SenseWeb: An Infrastructure for Shared Sensing

Levando em consideração que sistemas produzidos em colaboração podem conseguir o que se tornaria inviável para sistemas autônomos desenvolvidos por uma única entidade, pois uma coordenação eficaz das somas das composições fornecidas por diferentes colaboradores tendem a produzir melhores resultados do que todas as composições individualmente, SenseWeb (WESTERMANN et al., 2007) permite a produção de pares de aplicações de sensoriamento, produzindo novos tipos de mídia e aplicações através da redes de dados existentes. Colaboradores implantam sua própria rede de sensores, podendo ter uma aplicação específica, como um sistema de vigilância com câmeras; monitoramento de ocupação do estacionamento, temperatura ambiente ou frequência cardíaca de corredores. No entanto, se estes sensores forem colocados e compartilhados em um único sistema de desenvolvimento, muitas outras aplicações a partir destes sensores podem ser construídas.

O objetivo do SenseWeb é permitir que aplicativos possam ser desenvolvidos tendo acesso a dados de sensores compartilhados pela Internet. A infra-estrutura Sen-

seWeb ajuda garantir a escolha do sensor ideal para cada aplicação e compartilhamento eficiente do fluxos de sensores entre vários aplicativos.

A arquitetura SenseWeb projetada para deixar que várias aplicações em simultâneo compartilhem recursos de sensoriamento colaborativo de várias entidades é apresentada na Figura 13 e seus componentes descritos a seguir.

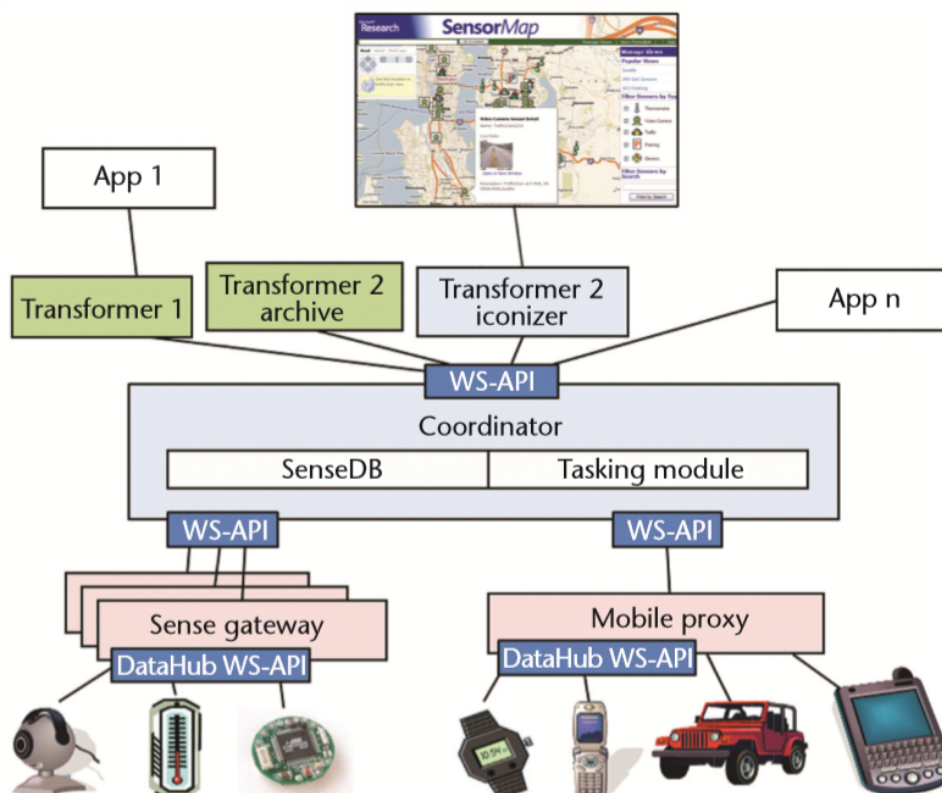


Figura 13: Arquitetura SenseWeb. Fonte: (WESTERMANN et al., 2007)

Coordenador

É o ponto central de acesso ao sistema para todas as aplicações e sensores colaborativos. As funções do Coordenador são divididas internamente entre dois componentes: o *Tasking module* e o *SenseDB (Streaming Sensor Database)*.

O *Tasking module* aceita requisitos das aplicações de sensoriamento e tenta satisfazê-los a partir de recursos de detecção disponíveis. Para tal, leva em conta as capacidades, a disponibilidade de compartilhamento, e outras características dos sensores disponíveis.

O *SenseDB* aproveita a sobreposição das necessidades de aplicações. Quando múltiplas aplicações precisam de dados de janelas sobrepostas no espaço-tempo, *SenseDB* tenta minimizar a carga sobre os sensores ou os respectivos *gateways* de sensores, combinando os pedidos de dados comuns e usando uma *cache* para os

dados acessados recentemente. SenseDB é responsável também pela indexação das características do sensor e outros recursos compartilhados no sistema para permitir que os aplicativos possam descobrir o que está disponível para seu uso.

Sensores, *gateways* de sensores e *proxy* móvel

Recursos de sensoriamento formam a base de todo o sistema. Os sensores podem medir diversas variáveis físicas e podem ser estáticos ou móveis, realizando sensoriamento em qualquer tipo de objeto, pessoa ou animal.

Para ocultar a complexidade devido a heterogeneidade das plataformas de desenvolvimento dos sensores utilizadas no sistema de colaboração, os sensores são ligados a um *gateway* de sensores que fornece uma interface uniforme para todos os componentes acima dele, implementando métodos de especificação para se comunicar com o sensor. Já outros componentes do SenseWeb captam fluxos de dados de sensores, apresentam demandas de coleta de dados, ou características do sensor de acesso através de uma API de serviço Web padronizado. O *gateway* também pode implementar políticas de compartilhamento definidas pelo colaborador.

O DataHub é um *gateway* compartilhado implementado para ser utilizado por sensores colaborativos que não querem manter seu próprio *gateway*. Este se comunica com os sensores através de uma API de serviço da Web.

Os sensores móveis possuem um *gateway* específico denominado Proxy móvel. O Proxy móvel torna a mobilidade dos dispositivos transparentes para as aplicações de sensoriamento, fornecendo acesso baseado em localização para a leitura de sensores. Aplicações simplesmente expressam suas necessidades de sensoriamento e o Proxy móvel retorna os dados de todos os dispositivos que podem satisfazer estas necessidades.

Transformadores de dados

Um transformador converte dados brutos em dados semânticos por meio de processamento. Por exemplo, um transformador pode extrair a quantidade de pessoas em um ambiente a partir de um fluxo de vídeo. Além disso, os desenvolvedores de aplicativos podem estender a funcionalidade de processamento do SenseWeb escrevendo novos transformadores em cima de métodos de acesso primitivo ao Coordenador. Especialistas de domínio podem usar vários transformadores para diferentes dados do sensor usando algoritmos específicos de domínio.

Transformadores são indexados ao Coordenador, fazendo com que aplicativos possam realizar sua descoberta e usá-lo quando necessário. Através de uma interface semelhante ao *gateway* de sensores os transformadores disponibilizam dados proces-

sados.

O transformador Iconizer foi implementado neste trabalho, sua função é de converter as leituras dos sensores brutos em um ícone que representa o tipo de sensor em sua forma e valor do sensor em sua cor. Aplicações gráficas podem usar a saída deste transformador em vez de valores brutos do sensor.

Aplicações

As aplicações constituem todos os usuários de dados do sensor. Elas podem ser manuais, onde os usuários humanos especificam suas necessidades de dados interagindo com o sistema manualmente, ou automatizadas, como no caso de sistemas corporativos de back-end que acessam fluxos de informações de sensores para processamento dos dados relativos à sua empresa.

SensorMap é um exemplo de uma aplicação interativa, pois permite que seus colaboradores adicionem sensores através de uma interface Web padronizada e visualizem informações provenientes destes e outros sensores.

4.6 Análise dos trabalhos

Para a análise dos trabalhos (vide Tabela 2), foram levados em consideração os seguintes critérios de avaliação, descritos a seguir:

1. Visão IoT de pesquisa (orientada às Coisas, à Internet ou à Semântica)
2. Suporte a rede de sensores
3. Arquitetura (distribuída ou centralizada)
4. Suporte a *middleware*
5. Domínio de aplicação

Ao avaliar os dados contidos na Tabela 2 verifica-se que dois dentre os cinco trabalhos possuem visão de pesquisa orientada à Semântica, pois são trabalhos que se preocupam em tratar a informação obtida pelo sistema, da forma mais adequada possível. Este é o foco principal da maioria dos sistemas conscientes de situação. O trabalho IoT-A não foi categorizado por possuir uma ampla visão de pesquisa.

Quanto ao suporte a rede de sensores apenas um dos trabalhos não contempla este critério, baseado no fato que sua arquitetura pressupõe que os dados já foram

Tabela 2: Análise dos trabalhos

	1	2	3	4	5
IoT-A	-	sim	-	sim	todos
Enabling Ubiquitous Sensor-Assisted Applications on the Internet-of-Things	Semântica	sim	distribuída	-	todos
Secure Communication for Smart IoT Objects	Internet	não	centralizada	-	segurança
Towards Context Aware Retail Environments	Semântica	sim	distribuída	sim	ambiente de varejo
SenseWeb	Coisas	sim	centralizada	-	sistemas colaborativos

coletados, armazenados e estão disponíveis via comunicação pela Internet. Isto o caracteriza, como um dos principais critérios no desenvolvimento de sistemas conscientes de situação em ambientes IoT.

Em relação a arquitetura, os dados demonstram que não há um padrão IoT, e a definição do tipo arquitetural adequado dependerá de critérios e necessidades do sistema e aplicações. O trabalho IoT-A traduz este fato, devido ao seu objetivo de criar um modelo arquitetural de referência para IoT, para que sejam projetadas novas arquiteturas mediante arquiteturas e soluções existentes, levando em consideração diretrizes avaliadas segundo o domínio de aplicação e necessidades almejadas.

Dos trabalhos avaliados, dois apresentam suporte a *middleware*, os outros não demonstram clareza quanto a este critério, no entanto alguns utilizam *frameworks*, APIs ou plataformas para intermediar os dados captados com as aplicações.

Os domínios de aplicação em ambientes IoT são os mais diversos, aqui é apresentada uma amostra, sendo que dois dos trabalhos atendem a todos os domínios, e este é o objetivo da maioria dos trabalhos em IoT, conceber uma infraestrutura que forneça suporte aos mais diferentes domínios de aplicação, levando em consideração formas de tratar a heterogeneidade de tecnologias e dispositivos inerentes na IoT.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O termo IoT foi cunhado por um grupo de pesquisadores do MIT, quando estavam trabalhando no campo de identificação de frequência de rádio em rede (RFID) e tecnologias de sensor emergentes. Com cada vez mais “coisas” conectadas à internet, este termo rapidamente se tornou popular e ganhou destaque em um cenário de avanço tecnológico, tornado-se o novo paradigma da Internet, a Internet das Coisas.

O paradigma IoT foi considerado pelo Conselho Nacional de Inteligência dos EUA (NIC), como uma das seis tecnologias mais promissoras e que mais impactarão a nação em um futuro próximo. Em janeiro de 2015, foram registrados 25 bilhões de dispositivos conectados à internet, e este número tende a crescer cada vez mais, ao ponto que todos os dispositivos do cotidiano venham a estar conectados. Isto demonstra que a IoT representa o futuro da comunicação e computação, e deverá ser um dos principais focos de pesquisa nos próximos anos.

Outrossim a utilização da consciência de situação em ambientes IoT vem ganhando destaque, devido as técnicas de consciência de contexto não serem suficientemente adequadas para trabalhar com múltiplos contextos e interações dos usuários, além de apresentar uma modelagem de mais alto nível de abstração que proporciona o desenvolvimento de aplicações mais robustas, bem como uma representação mais compreensível pelos humanos dos dados gerados, melhor atendendo às suas necessidades.

Desta forma este trabalho apresentou o estudo realizado sobre a IoT e Consciência de Situação. Também foram apresentados trabalhos com diferentes visões de pesquisa e aplicação, com o objetivo de realizar análise crítica dos conceitos estudados, bem como a caracterização de sistemas conscientes de situação na IoT.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. B.; SILVA MACHADO, R. da; PERNAS, A. M.; YAMIN, A. C. Um Estudo sobre Consciência de Situação. **Cadernos de Informática**, [S.l.], v.7, n.1, p.44–67, 2013.

ANAGNOSTOPOULOS, C. B.; NTARLADIMAS, Y.; HADJIEFTHYMIADES, S. Situation awareness: Dealing with vague context. In: ACS/IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE SERVICES, 2006. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2006. p.131–140.

ASHTON, K. **That ‘internet of things’ thing in the real world, things matter more than ideas**. Disponível em: <<http://www.r?djournal.com/article/print/4986>>. Acesso em dezembro de 2013.

ASIN, A.; GASCON, D. 50 sensor applications for a smarter world. **Libelium Comunicaciones Distribuidas, Tech. Rep**, [S.l.], 2012.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. **Computer networks**, [S.l.], v.54, n.15, p.2787–2805, 2010.

BASSI, A.; HORN, G. Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future. **European Commission: Information Society and Media**, [S.l.], 2008.

BONETTO, R.; BUI, N.; LAKKUNDI, V.; OLIVEREAU, A.; SERBANATI, A.; ROSSI, M. Secure communication for smart IoT objects: Protocol stacks, use cases and practical examples. In: WORLD OF WIRELESS, MOBILE AND MULTIMEDIA NETWORKS (WOWMOM), 2012 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON A, 2012. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. p.1–7.

BROCK, D. L. The Electronic Product Code (EPC): A Naming Scheme for Physical Objects. **Auto-ID Center White Paper WH-002**, [S.l.], 2001.

COUNCIL, N. Disruptive civil technologies: Six technologies with potential impacts on us interests out to 2025. In: CONFERENCE REPORT CR, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. v.2007.

DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S.l.], v.5, p.4–7, 2001.

EVANS, D. A Internet das Coisas - Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. **Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)**, [S.l.], 2011.

FORSSTRÖM, S.; KANTER, T. Enabling ubiquitous sensor-assisted applications on the internet-of-things. **Personal and ubiquitous computing**, [S.l.], v.18, n.4, p.977–986, 2014.

FRANÇA, T. C. de; PIRES, P. F.; PIRMEZ, L.; DELICATO, F. C.; FARIAS, C. Web das Coisas: Conectando Dispositivos Físicos ao Mundo Digital. **Livro Texto de Minicursos - SBRC 2011**, [S.l.], 2011.

GOUVEIA, P. R. N. T. **Convergência de Redes Sem Fios para Comunicações M2M e Internet das Coisas em Ambientes Inteligentes**. 2013. Dissertação de Mestrado — Universidade da Beira Interior, Covilhã.

GUILLEMIN, P.; FRIESS, P. Internet of things strategic research roadmap. **The Cluster of European Research Projects**, [S.l.], September 2009.

GUINARD, D. Towards Opportunistic Applications in a Web of Things. **IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops**, [S.l.], 2010.

GUTWIN, C.; GREENBERG, S. A Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware. **Computer Supported Cooperative Work**, [S.l.], v.11, n.3-4, p.411–446, 2002.

HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J. Developing Context-Aware Pervasive Computing Applications: Models and Approach. **Pervasive and Mobile Computing, In**, [S.l.], v.2, p.2005, 2005.

IOT-A. **Internet of Things Architecture of the European Lighthouse Integrated Project**. Disponível em :<[http://http://www.iot-a.eu](http://www.iot-a.eu)>. Acesso em dezembro de 2014.

KNAPPMAYER, M.; KIANI, S.; REETZ, E.; BAKER, N.; TONJES, R. Survey of Context Provisioning Middleware. **Communications Surveys Tutorials, IEEE**, [S.l.], v.15, n.3, p.1492–1519, Third 2013.

MAGERKURTH, C.; SPERNER, K.; MEYER, S.; STROHBACH, M. Towards context-aware retail environments: An infrastructure perspective. **Mobile Interaction in Retail Environments (MIRE 2011)**, [S.l.], 2011.

PERERA, C.; ZASLAVSKY, A. B.; CHRISTEN, P.; GEORGAKOPOULOS, D. Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey. **CoRR**, [S.l.], v.abs/1305.0982, 2013.

PERNAS, A. M. F. **Sensibilidade à Situação em Sistemas Educacionais na Web**. 2012. Tese de Doutorado em Ciência da Computação — Instituto de Informática-UFRGS, Porto Alegre-RS.

ROLIM, C. O. **Estudo sobre raciocínio e predição de contexto voltados à Inteligência Ambiental**.

TAN, L.; WANG, N. Future internet: The internet of things. In: ADVANCED COMPUTER THEORY AND ENGINEERING (ICACTE), 2010 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2010. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. v.5, p.V5–376.

VIEIRA, V.; SOUZA, D.; SALGADO, A. C.; TEDESCO, P. **Uso e Representação de Contexto em Sistemas Computacionais**. [S.l.]: UFSCAR, 2006. p.127–166.

VIEIRA, V.; TEDESCO, P.; SALGADO, A. C. Modelos e Processos para o desenvolvimento de Sistemas Sensíveis ao Contexto. **André Ponce de Leon F. de Carvalho, Tomasz Kowaltowski.(Org.). Jornadas de Atualização em Informática**, [S.l.], p.381–431, 2009.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, [S.l.], v.265, n.3, p.66–75, January 1991.

WESTERMANN, U.; KANSAL, A.; NATH, S.; LIU, J.; ZHAO, F. SenseWeb: An Infrastructure for Shared Sensing. **IEEE Computer Society**, [S.l.], 2007.