

DESENVOLVIMENTO DE UM MOTOR SEMÂNTICO PARA REDES DE SENSORES IOT.

Alisson Solitto da Silva ¹

Fabio Piola Navarro ²

RESUMO

Com a ascensão da Internet of Things muitos dados são disseminados na rede, porém estes dados não possuem nenhum nível semântico para que possam ser compreensíveis por máquinas através de agentes inteligentes. Para a estruturação formal e semântica desses dados são necessárias técnicas do paradigma da Web Semântica e uma ontologia pré-definida para ambientes IoT. O desenvolvimento de sistemas semânticos exige um conhecimento apurado de suas tecnologias e ontologias, desta forma, foi desenvolvido um motor semântico que possui um conjunto de aplicações (API) para a manipulação dos dados na ontologia, as informações geradas pelos sensores podem ser enviadas utilizando as aplicações do motor semântico, possibilitando a interoperabilidade entre diferentes tecnologias e facilitando o desenvolvimento destas aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: Internet of Things, Web Semântica, API semântica, motor semântico, ontologia, sensores.

ABSTRACT

With the rise of the Internet of Things, many data are disseminated in the network, but these data do not have any semantic level so that they can be understood by machines through intelligent agents. For the formal and semantic structuring of these data, Semantic Web paradigm techniques and a predefined ontology for IoT environments are necessary. The development of semantic systems requires a thorough knowledge of their technologies and ontologies. In this way, a semantic engine has been developed that has a set of applications (API) for the manipulation of the data in the ontology, the information generated by the sensors can be sent using the semantic engine applications, enabling the interoperability between different technologies and facilitating the development of these applications.

¹ Graduado em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Eurípedes de Marília e cursando MBA em Gestão de Tecnologia da Informação. Atualmente é programador de Internet do Centro Universitário Eurípedes de Marília. Possui experiência no desenvolvimento de aplicativos mobile (Android e IOS) e desenvolvimento de sistemas Web. Tem como interesse as áreas de Engenharia de Software, Arquitetura de Software e Blockchain.

² Doutorando em Ciência da Informação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP-Marília/SP Mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2006) Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Londrina - UEL (2003). Atualmente é professor das seguintes disciplinas no Centro Universitário Eurípedes de Marília - UNIVEM: - Bacharelado em Sistemas de Informação: Implementação de Sistemas de Informação e Tópicos II - Bacharelado em Engenharia de Produção: Linguagem de Programação - Bacharelado em Engenharia de Produção: Laboratório de Tecnologia da Informação - Bacharelado em Engenharia de Produção: Introdução à Computação para a Engenharia - Bacharelado em Administração: Gestão de Sistemas e Informações Também atua como desenvolvedor Web e Mobile.

INTRODUÇÃO

Com o constante avanço da tecnologia a quantidade de objetos conectados à Internet está crescendo consideravelmente. De acordo com um relatório da Gartner Inc. “prevê que 6,4 milhões de objetos estarão conectados e em uso em todo o mundo no ano de 2016, um aumento de trinta por cento em relação ao ano de 2015 e chegará a 20,8 bilhões até 2020” (GARTNER, 2015). Esse grande número de objetos conectados à Internet geram e disseminam uma infinidade de informações que podem interagir com outros sistemas e proporcionar o poder de tomada de decisão.

Com a ascensão da Internet of Things surge a necessidade de consumir serviços e informações, tornando-os interoperáveis com outros sistemas e redes. Nesse cenário surgiu um novo paradigma de desenvolvimento conhecido Web of Things, este novo paradigma faz uma abstração virtual do mundo real (IoT), algo como uma camada de software acima dos objetos reais, onde pode-se adaptar, criar modelos e protocolos, pois esta habilita acesso aos recursos (sensores) através da Web, o que pode ainda propiciar acesso semântico e desta forma proporcionar uma maior interação entre dispositivos, sistemas e pessoas (CHRISTOPHE; VERDOT; TOUBIANA, 2011).

Nos cenários mais comuns de IoT ocorre uma disseminação de dados heterogênea, esses dados possuem um bom nível sintático. No entanto, quando se trata do sentido desses dados estes repositórios não estão aptos a armazenar informação semântica e contextualizada.

Para que seja possível a agregação de semântica aos dados dos sistemas informacionais atuais, é possível utilizar o paradigma da Web Semântica que propõe uma estrutura para as páginas Web onde seja possível a compreensão tanto por seres humanos quanto por máquinas, ou seja, as informações da Web estariam estruturadas de forma semântica dando significado as páginas. A solução para este problema é fornecida por um dos componentes básicos da Web Semântica, uma coleção de informações chamada de ontologia.

Na Ciência da Computação, a ontologia é um conjunto de informações e dados obtidos que pode ser definido como um conjunto de conceitos fundamentais e suas relações existentes no domínio em questão, permitindo a representação e o entendimento do mundo-alvo de maneira formal e compreensível por humanos e computadores (MIZOGUCHI, 2004).

A Web Semântica não é apenas uma extensão da Web atual, podemos utilizar seus conceitos e tecnologias para estruturar de maneira formal e semântica diferentes sistemas que necessitam de semântica em sua estrutura. Em ambientes de IoT utilizando a camada WoT para que seja realizada a abstração virtual de uma rede de sensores, torna-se possível a criação de modelos de domínio de conhecimento para diferentes cenários. O domínio de conhecimento é composto de ontologias, conjuntos de dados e regras usadas para anotar semanticamente dados da IoT. Com o domínio de conhecimento definido é possível aplicar o paradigma da Web Semântica, permitindo o armazenamento da informação semântica e contextualizada produzida pela rede de sensores IoT.

Ainda que a aplicação da Web Semântica resolva o grande problema de agregar sentido aos dados brutos gerados pelos sensores da rede IoT, o desenvolvimento de sistemas semânticos exige um conhecimento apurado sobre o paradigma da Web Semântica, ontologias e suas linguagens de representação. A ausência desse conhecimento da maior parte dos desenvolvedores de sistemas é em razão de não ser algo trivial e, portanto mais predominante no mundo acadêmico e científico, tornando complexo e dificultoso a aplicação das tecnologias de semântica em sistemas informacionais e em ambientes IoT.

O objetivo do presente trabalho é propor um motor semântico que agregue sentido aos dados brutos gerados pelos sensores nas redes IoT, além de abstrair todo o conhecimento necessário para a criação de aplicações semânticas, proporcionando a interoperabilidade entre diferentes aplicações.

A abordagem metodológica desta pesquisa, considerando os objetivos, está embasado na integração das áreas de Internet of Things e Web Semântica, relacionadas com a semântica da informação nas redes de sensores IoT. Caracteriza-se por ser uma pesquisa de análise experimental e qualitativa descritiva do tema.

Para que os objetivos possam ser alcançados, os procedimentos metodológicos utilizados baseiam-se no estudo pautado em pesquisa bibliográfica e aplicada dividido da seguinte forma:

- Estudo pautado e levantamento bibliográfica sobre temas como: Internet of Things, Web Semântica, Web of Things, ontologias, métodos de comunicação HTTP e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do projeto.
- Estudo da relação dos objetos dentro da ontologia utilizada.
- Tecnologias da Web Semântica para persistência da ontologia em disco.

- Construção do motor semântico baseado no paradigma da Web Semântica e comunicação HTTP, e do estudo de técnicas para a manipulação da ontologia.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Durante a última década, a IoT ou Internet of Things ganhou uma atenção significativa na academia, bem como na indústria. As principais razões por trás deste interesse são as capacidades que a IoT irá oferecer. Este novo paradigma promete criar um mundo onde todos os objetos (também chamados objetos inteligentes) ao nosso redor estarão conectados à Internet e se comunicarão uns com os outros com a mínima intervenção humana. O objetivo final é criar um mundo melhor para os seres humanos, onde objetos ao nosso redor saibam o que gostamos, o que queremos, e o que precisamos, sem a intervenção humana e instruções explícitas (PERERA et al., 2014).

Este termo foi inicialmente cunhado por Kevin Ashton em uma apresentação em 1998. Segundo (PERERA et al., 2014), Kevin mencionou, "A Internet of Things tem o potencial de mudar o mundo, assim como a Internet. Talvez ainda mais". Posteriormente, a IoT foi formalmente introduzida pela ITU (International Telecommunication Union) em 2005 e passou a receber grande importância pelas organizações.

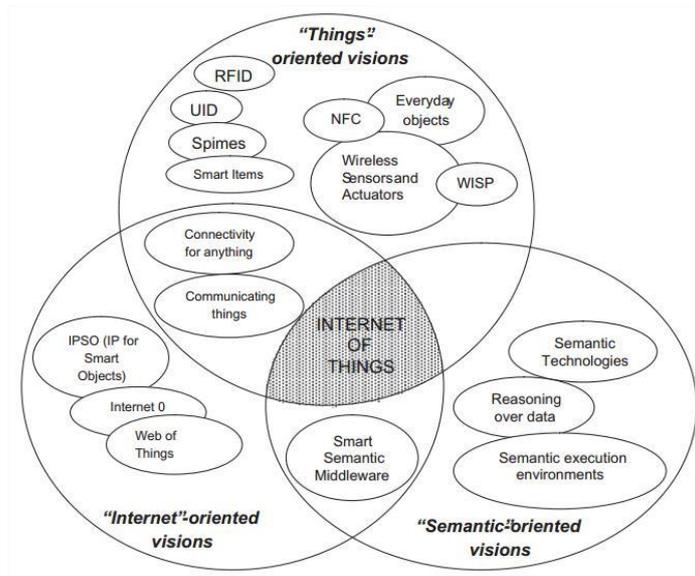
Existem múltiplas definições para o conceito de IoT dentro da comunidade de pesquisa, muitos pesquisadores durante décadas contribuem com esforços significativos para tornar a IoT uma realidade para o mundo real. Muitos pontos de vista são apresentados por inúmeros pesquisadores, (TAN, 2010, tradução nossa) explica que: "As coisas têm identidades e personalidades virtuais, esses objetos operam usando interfaces inteligentes para se conectarem e se comunicarem dentro de contextos sociais, ambientais e de usuários". As coisas no contexto da IoT são todos os objetos conectados à Internet, desde smartphones até uma torradeira.

Múltiplas definições, conceitos e tecnologias giram em torno deste paradigma na comunidade de pesquisadores, a Internet of Things pode ser definida como uma convergência de três visões (AGGARWAL; ASHISH; SHETH, 2013):

- **Internet orientada:** nesta visão a Internet atua como um Middleware entre o usuário e as coisas inteligentes. O Middleware permitirá a abstração dinâmica do mundo real/físico entre o espaço digital/virtual combinando características da rede de sensores e protocolos utilizados na Web para permitir que objetos inteligentes sejam ligados à Internet.

- **Coisas orientadas:** são as coisas inteligentes, que representam sensores e atuadores responsáveis pelos estímulos do ambiente.
- **Semântica orientada:** onde o ponto principal é o conhecimento obtido através representação, armazenamento, organização e uso das informações. A semântica aborda as questões de representação do conhecimento que são trocadas pelos objetos inteligentes.

Figura 1 – Paradigma Internet of Things - resultado da convergência das diferentes visões mencionadas acima, destacando os principais conceitos, tecnologias e padrões de cada visão.



Fonte: (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010)

1.1 Fundamentos do Desenvolvimento IoT

Sabe-se que há muitos desafios a serem enfrentados no processo de desenvolvimento e implantação da IoT, (PERERA et al., 2014) identificou sete características com base em pesquisas anteriores que devem ser consideradas em todo o processo de desenvolvimento de soluções IoT, são elas:

- **Inteligência:** significa a aplicação do conhecimento, os dados brutos são coletados e então é aplicado um raciocínio transformando os dados em conhecimento de alto nível. Essa transformação pode ser feita através da modelagem e raciocínio do contexto. O contexto pode ser usado para fundir os dados dos sensores para inferir novos conhecimentos. Uma vez que temos conhecimento, ele pode ser aplicado para a interação, comunicação e recuperação da informação mais inteligente.

- **Arquitetura:** a IoT deve apresentar uma arquitetura híbrida compreendendo várias arquiteturas diferentes, essa arquitetura híbrida englobaria todos os tipos de sensores separando-os por evento e tempo. Sensores que produzem dados quando ocorre algum evento (por exemplo, sensor de porta), os restantes produzem dados continuamente com base em intervalos de tempo (por exemplo, sensor de temperatura).

- **Sistema:** o grande número de objetos que interagem de forma autônoma em uma rede IoT, as interações podem diferir significativamente dependendo dos recursos de cada objeto. Alguns podem ter muito poucos recursos, como armazenar informações muito limitadas e não fazer nenhum processamento. No entanto, alguns objetos podem ter recursos maiores de memória, processamento e raciocínio, o que os torna mais inteligentes.

- **Considerações de tamanho:** bilhões de dispositivos estarão conectados à Internet e a IoT precisa facilitar a interação entre esses objetos, semelhante ao número de objetos as interações entre eles aumentaram exponencialmente.

- **Considerações de tempo:** O processamento de dados em tempo real é essencial em um ambiente com bilhões de eventos paralelos e simultâneos.

- **Considerações de espaço:** com o crescimento exponencial o rastreamento e a localização geográfica dos objetos na rede torna-se um requisito fundamental, pois as interações podem diferir significativamente dependendo dos recursos dos objetos.

- **Tudo como serviço (Everything as a service):** com a popularidade da computação em nuvem, este modelo é altamente eficiente, escalável e fácil de usar. A IoT exige uma quantidade significativa de infraestrutura a ser posta em prática, a fim de tornar sua visão uma realidade, onde este modelo serviria muito bem toda a rede.

Para este projeto será dado destaque a característica de inteligência, pois este conceito é primordial para o desenvolvimento de ambientes inteligentes e interoperáveis. A aplicação do conhecimento no contexto em que encontra-se a rede IoT, possibilita não somente a interação e a comunicação mais inteligente, mas também a recuperação da informação de ambientes que possuem uma grande quantidade de dados sem nenhum sentido semântico.

1.2 Web of Things

Nos últimos anos com a ascensão da Internet of Things e o enorme progresso no campo de dispositivos e sistemas embarcados surge a necessidade de consumir serviços e informações, tornando-os interoperáveis com outros sistemas e redes.

Infelizmente, a construção de um ecossistema único e global de coisas que interajam sem problemas é praticamente impossível, pois não há um protocolo universal de aplicação para a IoT, existe uma heterogeneidade de dispositivos com diferentes hardwares e softwares neste ecossistema, sem um padrão para comunicação, deste modo essas redes ficam simplesmente isoladas. Para tornar essas redes interoperáveis precisa-se de uma única linguagem para dispositivos e aplicações que seja possível a trocar de informações, independentemente de como eles estão fisicamente conectados (GUINARD; TRIFA, 2016).

Nesse cenário surgiu um novo paradigma conhecido como WoT ou Web of Things. Segundo (CHRISTOPHE; VERDOT; TOUBIANA, 2011) a WoT é um paradigma e faz a abstração virtual do mundo real (IoT), algo como uma camada de software acima dos objetos reais, onde pode-se adaptar, criar modelos e protocolos, pois esta habilita acesso aos recursos (sensores) através da Web, o que pode ainda propiciar acesso semântico e desta forma proporcionar uma maior interação entre dispositivos, sistemas e pessoas, são os novos ambientes digitais.

Na camada WoT pode ser realizada a abstração virtual de uma rede de sensores, tornando-se possível a criação de modelos de domínio de conhecimento para diferentes cenários. O maior objetivo é alavancar a conectividade entre dois mundos, o físico e o digital, fazendo com que a Internet atual englobe também objetos do mundo físico dos quais serão tratados como recursos Web.

Para tornar-se o ecossistemas de dispositivos IoT interoperáveis o paradigma da WoT utiliza protocolos e padrões amplamente aceitos na World Wide Web eliminando problemas de compatibilidade entre diferentes fabricantes, protocolos e formatos específicos.

1.3 Web Semântica

Devido ao crescimento exponencial dos dados gerados pelos sistemas atualmente e o constante avanço no desenvolvimento da IoT, a quantidade de dados produzidos será

desmedido. Dentro desse contexto os desafios propostos a organização e a recuperação da informação tornam-se extremamente complexos, em redes IoT a interoperabilidade dos dados entre diferentes redes e sistemas é muito relevante, além da compreensão dessa informação tanto por seres humanos quanto por máquinas.

De modo a organizar e modelar a informação a fim de que possam ter significado e principalmente que se tornem passíveis de interpretação tanto por máquinas quanto por humanos, Tim Berners-Lee, em maio de 1994, na primeira conferência internacional sobre a World Wide Web, em Genebra propôs uma iniciativa que visava solucionar esse problema. Nesta conferência segundo Tim Berners-Lee, a forma que os documentos web estavam estruturados tornava compreensível apenas para seres humanos, para as máquinas os documentos eram praticamente inacessíveis por não terem um significado.

Mas somente passados sete anos Tim Berners-Lee publicou um artigo na revista Scientific American marcando o início da pesquisa relacionada à Web Semântica, neste artigo propõe essencialmente que se estruture os dados da Web de forma que eles possam ter significado e principalmente que se tornem passíveis de interpretação por máquinas, através de agentes computacionais. (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

Em suma essa proposta visa a extensão da web como conhecemos hoje, para a web semântica. A ideia é prover uma estrutura para as páginas web onde seja possível ser compreendidas tanto por seres humanos quanto por máquinas, ou seja, as informações da web estariam estruturadas de forma semântica dando significado as páginas.

1.4 Ontologia

Quando trabalhamos com uma pluralidade de sistemas e aplicações que possuem diferentes estruturas para o tratamento da informação a interoperabilidade entre esses sistemas é dificultoso. Ao tentar combinar informações através de diferentes sistemas um mesmo conceito presente em um programa deverá saber quais termos estão sendo utilizados com o mesmo significado na aplicação correspondente.

Segundo (LIMA, 1998), um termo corresponde a um conceito particular dentro de um campo conceitual, os conceitos equivalem a um objeto que possuem um conjunto de propriedades e relações com outros conceitos em um determinado contexto. Tal termo apresenta muitas variações de significado e interpretações distintas.

Uma solução para este problema é fornecida por um dos componentes básicos da Web Semântica, uma coleção de informações chamada de ontologia.

A definição de ontologia mais frequentemente encontrada na literatura da Web Semântica é proposta por (GRUBER, 1995), “Uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”.

Aqui conceitualização representa um modelo abstrato de algum fenômeno que identifica os conceitos relevantes para o mesmo. Explícita significa que os elementos e suas restrições estão claramente definidos; formal significa que a ontologia deve ser passível de processamento automático, e compartilhada reflete a noção de que uma ontologia captura conhecimento consensual, aceito por um grupo de pessoas. (BREITMAN, 2000).

1.5 Ontologia e IoT

O uso de tecnologias que agregam semântica podem ser tecnologias chaves para as redes de sensores, pois melhoram a interoperabilidade e a integração entre redes heterogêneas, além da comunicação humano-computador, já que passa a existir um relacionamento semântico definido, permitindo assim organizar, instalar e gerenciar dados e sensores por meio de especificações de alto nível. Existem inúmeros tipos de sensores e domínios em que podem ser utilizados, tais diferenças devem ser consideradas, como relações temporais e espaciais. Quando essas restrições e diferenças são formalmente representadas em uma ontologia, técnicas de inferência podem ser aplicadas com maior facilidade. A ontologia para a redes de sensores deve ser muito abrangente visto que existe uma miríade de domínios e dispositivos distintos, além disso a ontologia deve capturar informações sobre as capacidades físicas do sensor, o desempenho e as condições nas quais ele pode ser usado. (ROB et al., 2017)

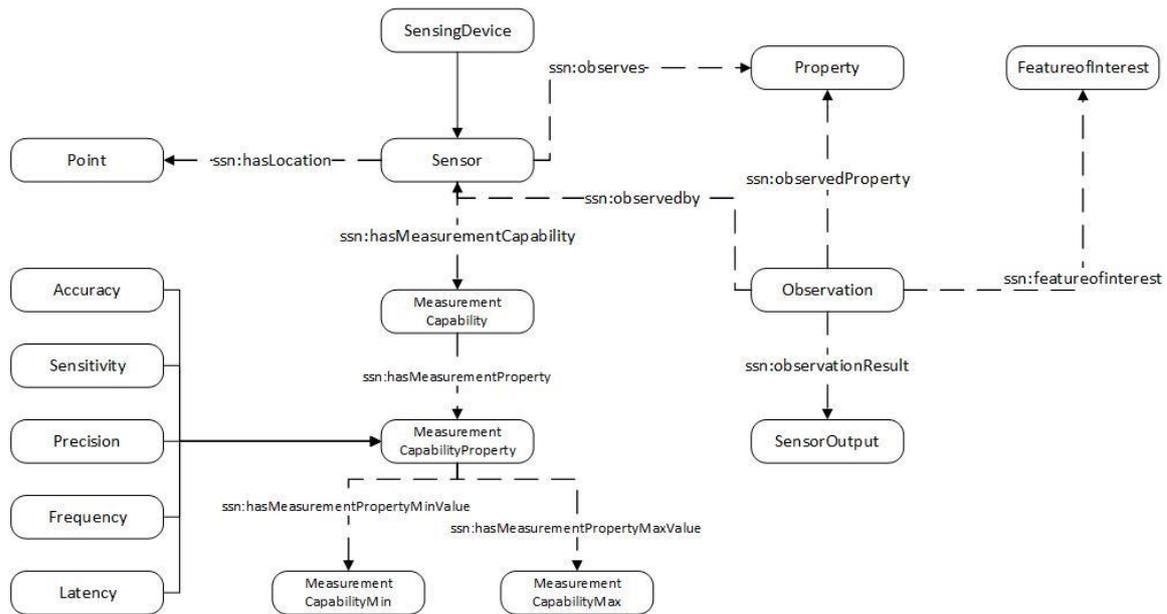
2. DESENVOLVIMENTO

A modelagem de contexto utilizada para o desenvolvimento do motor semântico contempla a estrutura principal da ontologia Semantic Sensor Network (SSN), visando modelar de maneira formal os dados dos sensores, suas capacidades e as observações do ambiente. Além da utilização do módulo Skeleton da ontologia SSN foi utilizada uma ontologia externa para definir a geolocalização do sensor (GROUP, 2017).

A princípio, foi utilizado o módulo Skeleton da ontologia SSN para contemplar apenas os sensores que coletam dados, neste projeto não são considerados os estímulos do ambiente para a ativação de outros sensores na rede.

Na Figura 2 é apresentada a ontologia utilizada para o desenvolvimento do motor semântico, resultado da ontologia SSN e a fusão da ontologia de geolocalização.

Figura 2 – Paradigma Representação da ontologia utilizada no desenvolvimento do trabalho



Fonte: Adaptado de (ROB et al., 2017)

- Sensing Device: São os tipos de dispositivos de detecção do sensor, pode ser temperatura, umidade e etc;
- Sensor: Dispositivo físico que realiza as observações no ambiente de acordo com suas propriedades;
- Point: Ponto no espaço geográfico que indica um lugar;
- Property: Refere-se a uma qualidade observável pelo sensor, pode ser a altura de uma árvore, a profundidade de um corpo de água ou a temperatura de uma superfície;
- Feature of Interest: Indica uma característica de interesse que pode ser observada, uma característica de interesse da observação pode ser uma árvore, um ambiente ou um copo de água;
- Measurement Capability: Capacidade de medição do sensor;

- Measurement Capability Property: Refere-se as propriedades da capacidade de medição do sensor, frequência e etc;
- Measurement Capability Property (Min/Max): São os valores mínimos e máximos das propriedades da capacidade de medição do sensor;
- Observation: É o ato de realizar uma observação, estimar ou calcular o valor de uma propriedade de interesse (FeatureofInterest);
- Sensor Output: Armazena o valor resultante da observação (Observation).

2.1 Motor Semântico

Atualmente as redes de sensores ainda não expandiram da forma esperada, existem muitos problemas para se atingir o verdadeiro propósito da Internet of Things de maneira eficiente e inteligente. Para que seja possível que os objetos conectados ao nosso redor saibam o que gostamos, o que queremos, e o que precisamos, sem a intervenção humana e instruções explícitas, estes precisam entender o mundo-alvo onde estão inseridos.

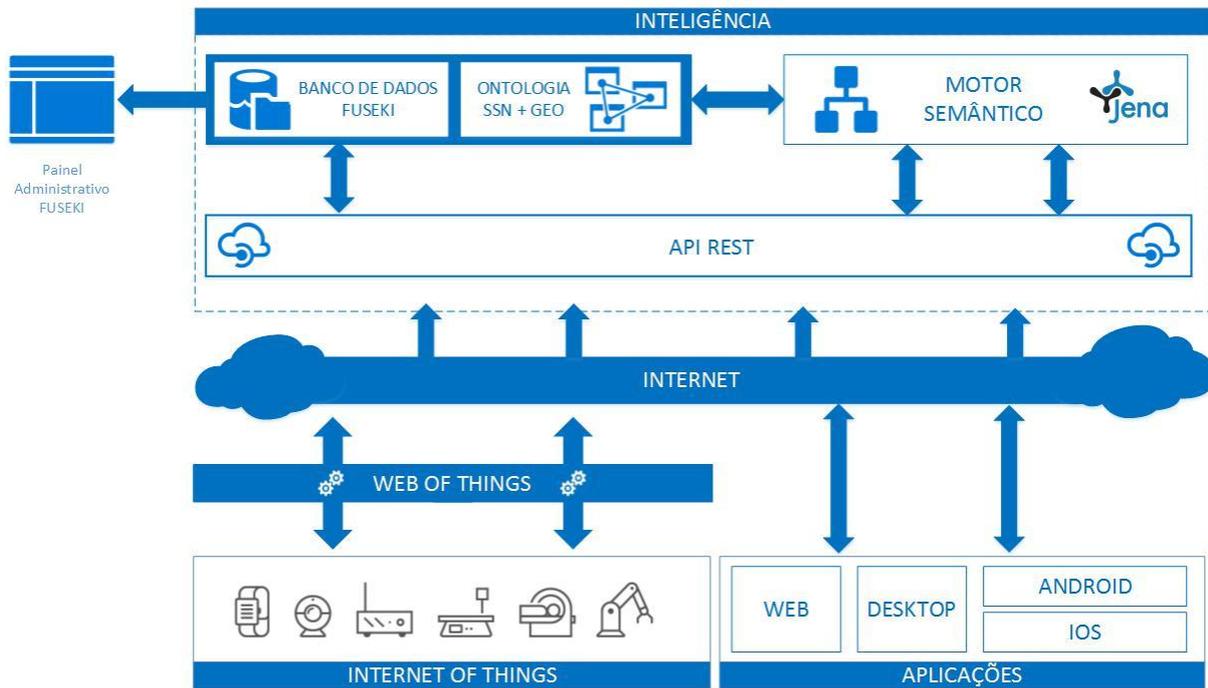
Com a finalidade dos objetos entenderem o contexto que estão conectados é utilizado a modelagem baseada em ontologia provinda do paradigma da Web Semântica, com o uso de ontologias é possível definir um conjunto de conceitos fundamentais e suas relações existentes no domínio em questão, permitindo a representação formal e o entendimento do mundo-alvo, viabilizando a compreensão de seres humanos e computadores.

A adição da semântica nesses ambientes resultará em uma melhor recuperação da informação por agentes inteligentes, além da interoperabilidade entre diferentes redes já que as restrições e conceitos são explicitamente definidos na ontologia.

A proposta de motor semântico permite aos desenvolvedores criarem redes de sensores inteligentes sem a necessidade de possuir conhecimento apurado da ontologia e seus linguagens de representações, além disso é feita a comunicação utilizando JSON (JavaScript Object Notation), um formato de texto simples que pode ser utilizado independente da linguagem de programação e já é conhecido por todos os desenvolvedores de software.

A criação do motor semântico de modo a resolver as problemáticas mencionadas possui a seguinte arquitetura:

Figura 3 – Arquitetura do motor semântico



Fonte: Autoria Própria

2.1.1 Internet of Things

A camada da Internet of Things é onde encontra-se os sensores e as redes de sensores com os objetos aptos para a coleta de dados, esses objetos também devem estar preparados para a comunicação com a Internet. Os objetos da rede IoT estão além de smartphones, tablet e notebook já utilizados no nosso cotidiano para conectar à Internet, há outros equipamentos que se conectam à Internet para realizar atividades específicas, como exemplo uma câmera de segurança que monitore a sua casa à distância quando o estabelecimento está fechado, e caso ocorra alguma anomalia no ambiente o responsável recebe uma notificação no seu smartphone avisando sobre a ocorrência.

2.1.2 Web of Things

A camada Web of Things é responsável por fazer a lógica de comunicação do sensor com a Internet. Os sensores da rede coletam os dados brutos do ambiente, que então são enviados através do protocolo HTTP, o envio dos dados coletados para o motor semântico exige uma requisição na API desenvolvida utilizando o método POST. Os

sensores obrigatoriamente precisam estar conectados à Internet para que seja possível a comunicação com a API do motor semântico.

2.1.3 Internet

A camada de Internet implementa os protocolos necessários para o transporte de dados e a comunicação com outros dispositivos conectados à Internet. Além disso possui as tecnologias necessárias para a comunicação dos objetos IoT com a Internet.

É de fundamental importância que esta camada esteja operando para que os dados coletados sejam enviados e processados pelo motor semântico.

2.1.4 Inteligência

A camada de inteligência é a seção principal do projeto, responsável pela aplicação do conhecimento sobre os dados brutos coletados pelos sensores. É então aplicado um raciocínio transformando os dados coletados em informação semântica através da modelagem formal baseada em ontologia.

Nesta camada está localizado o motor semântico que possui três aplicações:

2.1.4.1 API motor semântico

A API desenvolvida em Java utiliza o estilo arquitetural REST, essa camada atua recebendo os dados dos sensores ou das interfaces de comunicação e quando necessário retorna os dados para consumo nas aplicações, o tráfego das informações é feito no formato JSON, este formato é utilizado para atingir a interoperabilidade entre diferentes linguagens de programação que pretendem utilizar os recursos da API.

A utilização da API é realizada indicando a URI do recurso e a ação desejada de acordo com o conjunto de métodos utilizados pelo protocolo HTTP.

2.1.4.2 Motor semântico

O motor semântico é responsável por serializar o JSON recebido pela API e executar a lógica responsável por manipular a ontologia, realizando consultas e persistindo novas instâncias.

Ao fazer uma requisição de busca com o método GET é retornado um conjunto de objetos do tipo JSON com os dados da ontologia. Primeiramente a aplicação faz o carregamento e a validação da ontologia armazenada no banco semântico, logo após a validação da ontologia é enviado ao motor semântico a solicitação de busca na ontologia, o motor analisa se a busca é por classes ou indivíduos, além de analisar as subclasses e a URI de domínio de acordo com a busca solicitada.

Ao completar a busca da instância ou classe na ontologia é retornado a quantidade de objetos em formato JSON com os principais atributos vinculados.

O método POST responsável por criar uma nova instância na ontologia tem seu fluxo muito parecido com uma requisição de busca, a aplicação faz o carregamento e a validação da ontologia armazenada no banco semântico, logo após a validação da ontologia é enviado ao motor semântico o objeto JSON contendo os dados para persistência na ontologia. Na próxima etapa é feita a busca do tipo da classe e seguidamente gerado a instância do objeto na ontologia, quando é vinculada alguma propriedade a instância criada o motor se encarrega de criá-la, caso não exista na ontologia.

Por fim, o processo de exclusão de uma instância na ontologia utiliza o mesmo fluxo do método de busca, porém ao encontrar o objeto na ontologia não é retornado a lista de objetos e sim feita a exclusão do mesmo.

2.1.4.3 Banco semântico

O banco de dados semântico utiliza a tecnologia de armazenamento de ontologias do FUSEKI, esta camada é responsável pelo armazenamento da ontologia no servidor, desta forma é possível manipular e persistir a ontologia em um único lugar, como um banco de dados convencional, para que seja acessível através de todas as aplicações desenvolvidas sempre com os dados atualizados.

Com a interface HTTP do FUSEKI podemos administrar o banco semântico, fazer consultas em SPARQL e alterações na ontologia.

2.1.5 Aplicações

A camada de aplicações é um dos principais resultados na arquitetura em virtude do desenvolvimento da API REST do motor semântico. A API possibilita a criação de

interfaces em diferentes linguagens de programação, concedendo a eficácia na interoperabilidade, visto que o protocolo de comunicação é o HTTP e a troca de dados é feita no formato JSON, compatível com qualquer linguagem de programação.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objeto um motor semântico para auxiliar no desenvolvimento de aplicações utilizando a modelagem baseada em ontologias nos ambientes IoT. O motor semântico pretende abstrair toda a complexidade do desenvolvimento que é encontrada no paradigma da Web Semântica. A API desenvolvida torna possível a interoperabilidade entre diferentes linguagens de programação, pois a transmissão e o recebimento das informações utilizam o formato JSON que pode ser utilizado em qualquer ambiente.

Com a utilização da Web Semântica e o motor semântico apresentado neste trabalho, cuja sua principal contribuição é a API que facilita o desenvolvimento abstraído o conhecimento apurado em Web Semântica é possível obter dupla interoperabilidade, a primeira com relação ao desenvolvimento que pode ser feito em qualquer linguagem que utiliza o protocolo HTTP, e a segunda que contribui para a interoperabilidade entre diferentes ambientes e sistemas IoT já que passa a existir uma relação entre as informações e suas relações no domínio em questão. Além da interoperabilidade produzida pela API entre as linguagens de programação, podemos empregar este benefício para a disponibilização de Dados Abertos Conectados que fazem parte da Web Semântica.

3.1 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, o processo de recuperação da informação nos ambientes IoT que possuem a modelagem de dados baseada em ontologia é algo muito relevante, a velocidade e a inteligência desse processo exigem um estudo pautado, pois a medida que esses ambientes estão evoluindo a quantidade de informação gerada será demasiada, gerando dificuldades no processo de recuperação da informação. A inteligência do processo de recuperação da informação também é de extrema importância, por meio dela podemos fazer buscas na rede IoT utilizando linguagem natural.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGARWAL, C. C.; ASHISH, N.; SHETH, A. **The internet of things: A survey from the data-centric perspective**. In: *Managing and mining sensor data*. [S.l.]: Springer, 2013. p. 383–428.

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

BREITMAN, K. K. **Web semântica: a internet do futuro**. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000.

CHRISTOPHE, B.; VERDOT, V.; TOUBIANA, V. **Searching the 'web of things'**. In: IEEE. *Semantic Computing (ICSC)*, 2011 Fifth IEEE International Conference on. [S.l.], 2011. p. 308–315.

GARTNER, I. **Gartner Says 6.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>>.

GROUP, W. S. W. I. **Basic Geo Vocabulary**. 2017. Disponível em: <<https://www.w3.org/2003/01/geo/>>.

GRUBER, T. R. **Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?** *International journal of human-computer studies*, Elsevier, v. 43, n. 5-6, p. 907–928, 1995.

GUINARD, D.; TRIFA, V. **Building the web of things: with examples in node.js and raspberry pi**. Manning Publications Co., 2016.

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados Abertos Conectados: Em busca da Web do Conhecimento**. [S.l.]: Novatec Editora, 2015.

LIMA, V. M. A. **Terminologia, comunicação e representação documentária. Tese (Doutorado)** — Universidade de São Paulo, 1998.

MIZOGUCHI, R. **Part 3: Advanced course of ontological engineering**. *New Generation Computing*, Springer, v. 22, n. 2, p. 193–220, 2004.

PERERA, C. et al. **Context aware computing for the internet of things: A survey**. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, v. 16, n. 1, p. 414–454, 2014.

ROB, A. et al. **Semantic Sensor Network Ontology**. [S.l.], 2017.

TAN, N. W. L. **Future internet: The Internet of Things**. In: *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, 2010 3rd International Conference on. [S.l.]: IEEE, 2010. ISBN 978-1-4244-6542-2.