

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

WEB SEMÂNTICA EM MONITORAMENTO AMBIENTAL: DESCRIÇÃO FORMAL DE INTERFACE DE ACESSO DE SENSORES E ATUADORES

Geovana da Silva Batista¹ - geovana.batista@gmail.com

Mark Douglas de Azevedo Jacyntho² - markjacyntho@gmail.com

^{1,2} Instituto Federal Fluminense Campus Campos Centro - Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Resumo. *A tecnologia atua como fator promissor no monitoramento ambiental, gerando resultados satisfatórios tanto para natureza quanto para sociedade. Para monitorar variáveis ambientais locais, como temperatura ambiente, pressão atmosférica e umidade, são necessárias ações a partir de sensores e atuadores, denominados “coisas”, instalados no próprio local de interesse. O uso destes dispositivos, está ligado ao conceito Internet das Coisas (IoT, sigla em inglês). Devido ao enorme volume de dados por eles produzidos, surge a necessidade de que estes dados estejam na Web (Web das Coisas - WoT) e que agentes de software consigam interpretá-los. Entretanto, padronização e heterogeneidade dos protocolos, são grandes desafios da IoT. A descrição das “coisas” (Thing Description - TD), por meio das tecnologias e padrões da Web Semântica, possibilita descrição de maneira formal e padronizada as “coisas” na IoT e, portanto, viabiliza interoperabilidade entre dispositivos geograficamente distribuídos na Web. O objetivo deste trabalho visa contextualizar conceito da Web Semântica, com monitoramento ambiental, utilizando o modelo de representação formal desenvolvido no projeto VICINITY, nomeado WoT ontology, voltado para descrição da interface de acesso de sensores e atuadores. Como resultado, este trabalho contribui para trabalhos ambientais na Web Semântica das Coisas (SWoT), descrevendo informação inteligível por humanos e máquinas.*

Palavras-chave: *Monitoramento Ambiental, Internet das Coisas, Web Semântica.*

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento acerca dos aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos naturais, do seu estado, bem como as instigações oriundas das atividades humanas e pelos próprios fatores

naturais a respeito do meio ambiente participam do conceito de monitoramento ambiental. Atualmente vários recursos são ofertados a sociedade para financiamentos de projetos em inovações sustentáveis, uma vez que as condições ambientais afetam diretamente a questão socioeconômica mundial.

O avanço tecnológico atua como um fator promissor na busca contínua de um monitoramento eficaz, gerando resultados satisfatórios tanto para natureza quanto para sociedade. Segundo Silva (2013), monitorar as variáveis ambientais se torna instrumento fundamental para o entendimento das alterações ambientais, possibilitando medidas preventivas, adaptativas e corretivas. Uma das possibilidades se faz por meio de imagens de satélite, onde é possível realizar análise de temperatura, detecção de possíveis focos de incêndio e queimadas, movimentação de massas de ar, etc. O mesmo ainda reporta que já para o monitoramento mais preciso de variáveis locais, como temperatura ambiente, pressão atmosférica e umidade, são necessárias ações a partir de sensores instalados no próprio local de importância, uma vez que as informações de satélites não são suficientes.

A utilização de sensores está intimamente ligada ao conceito de *Internet das Coisas* (IoT, sigla em inglês). IoT abrange comunicação dos seguintes tipos: Pessoa-Pessoa (P2P), Pessoa-Objeto (P2O) e Objeto-Objeto (O2O) (Wang *et al.*, 2016). IoT constitui um dos desenvolvimentos mais promissores e emocionantes em tecnologia e negócios (Guinard & Trifa, 2016). Na IoT, tem-se a interoperabilidade entre sensores e atuadores, denominados "coisas inteligentes" ou simplesmente "coisas", onipresentes no meio ambiente (água, solo, ar), celulares, carros, cidades inteligentes, com o mundo virtual, por meio da Internet. Contudo, devido ao enorme volume de dados por eles produzidos, há necessidade de que estes dados estejam acessíveis na *Web* e que agentes de software consigam interpretá-los. O conceito de *Web das Coisas* (WoT, sigla em inglês) surge como extensão natural da IoT, possibilitando a integração das "coisas inteligentes" na *Web*. Porém, a medida que a tecnologia se desenvolve, mais "coisas inteligentes" são conectadas e ofertadas na *Web*. Assim, torna-se um desafio para as máquinas (agentes de software) pesquisar, encontrar, combinar e usar tais "coisas".

É sabido que a disponibilização, o controle e o compartilhamento dos dados ambientais na *Web* são relevantemente necessários, uma vez que se trata de um meio moderno e eficiente para disseminação de quaisquer tipos de informação, facilmente acessível, bastando apenas possuir acesso à Internet.

Porém, na *Web* atual, conhecida *Web* convencional ou sintática, voltada para consumo humano, o conteúdo é apresentado de forma não estruturada, textual, fazendo com que as máquinas apenas exibam os documentos na *Web*, sem, no entanto, compreender a semântica do conteúdo exibido. Tim Bernes-Lee *et al.* (2001) propuseram uma extensão da *Web* atual, nomeada como *Web Semântica* (ou *Web* do Conhecimento, ou ainda *Web* de Dados Ligados), tornando o conhecimento semântico da informação publicada explícito para os agentes computacionais. Desta forma, todo e qualquer conteúdo disponibilizado nesta nova *Web Semântica*, passa a ser compreendido tanto por humanos quanto por agentes de software.

De acordo com Santarem Segundo e Coneglian (2016), ontologia é um modelo que representa uma área de conhecimento de forma estruturada e formal, por meio de classes (conceitos), propriedades, relações, restrições, axiomas e instâncias. Para a *Web Semântica*, ontologias têm papel fundamental, pois definem vocabulários comuns compartilhados, viabilizando descrição, processamento, reuso e compartilhamento de informações de forma não ambígua entre máquinas (Batista & Jacyntho, 2017).

No ecossistema da IoT, são inúmeros os desafios, principalmente no quesito padronização, isto devido a heterogeneidade das "coisas", com recursos, características, protocolos, ações e tecnologias distintas entre si. A descrição formal das "coisas" (*Thing Description* - TD) por meio de ontologias mostra-se como uma alternativa muito promissora para descrever, de forma padronizada, as "coisas" da IoT e permitir, entre outras possibilidades, maior interoperabilidade entre elas (Almeida & Siqueira, 2018).

O consórcio W3C¹, uma comunidade internacional que desenvolve os padrões da *Web*, conduzido pelo inventor da *Web* e diretor Sir. Tim Berners-Lee, refere-se à IoT como sendo a representação virtual de um grupo de objetos ligados à Internet, interagindo com demais sistemas e serviços ainda na Internet, e com as pessoas.

O W3C WG² tem trabalhado na definição e padronização de um modelo formal comum para descrição da "coisa inteligente", nomeada como *Web of Things (WoT) Thing Description (TD)*³. Baseado em suas especificações, foi desenvolvida uma ontologia, parte do projeto VICINITY⁴, nomeada como *Vicinity ontology model for Web of Things (WoT ontology)* (Villalón *et al.* (2018), que formaliza a base para descrição da interface de acesso a uma "coisa inteligente".

A descrição semântica formal das "coisas inteligentes" na IoT é de suma importância para a expansão da IoT e da WoT, culminando na futura *Web Semântica das Coisas (SWoT, sigla em inglês)*, uma *Web* na qual agentes de software autônomos, com suficiente capacidade de processamento, armazenamento e comunicação, pesquisarão, combinarão e usarão esta crescente pletera de dispositivos, geograficamente distribuídos, nos auxiliando, sobremaneira, nas tomadas de decisão. Assim sendo, como primeiro passo em direção a padronização na nova SWoT, Rangel e Jacyntho (2017) destacam e propõem a catalogação semântica precisa e explícita dos sensores e atuadores com suas especificações (tipo, serviço oferecido, fabricante, localização física, etc.) para que as máquinas possam pesquisá-los e encontrá-los na *Web*. Uma vez encontrado na *Web* e selecionado o dispositivo adequado para o problema em questão, o segundo passo consiste em detalhar como usá-lo. Para este segundo passo, tem-se a necessidade da descrição formal explícita da interface de acesso (uso) do dispositivo, fazendo com que agentes de software possam, de forma autônoma, entender "como" usar e efetivamente usar o dispositivo. Como continuação do trabalho de Rangel e Jacyntho (2017), o escopo deste trabalho contempla exatamente este segundo passo, ou seja, descrever formalmente "como" usar o dispositivo, dado que o mesmo já foi encontrado e selecionado pelo agente de software.

O objetivo deste trabalho consiste em trazer as tecnologias e padrões da *Web Semântica*, propostos pelo W3C, para o contexto de monitoramento ambiental, focando na representação formal desenvolvida no Projeto VICINITY, a *Vicinity ontology model for Web of Things (WoT ontology)* voltada para descrição da interface de uso de sensores e atuadores.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Segundo Goldemberg e Lucon (2008), o meio ambiente sofre alterações constantes em consequência das causas naturais, das quais se tem pouco controle. Existem vários fenômenos,

¹ <https://www.w3c.org/>

² <https://www.w3.org/WoT/WG/>

³ <https://w3c.github.io/wot-thing-description/>

⁴ <http://vicinity.iot.linkeddata.es/vicinity/>

conhecidos como eventos naturais extremos, amplos em quantidade e substanciais em intensidade, que resultam em modificações no meio ambiente. Refosco (2006) complementa a informação, afirmando também a existência de alterações significativas no ambiente oriundas pela ação do homem que favorecem a ocupação do espaço, seja para agricultura, seja para a exploração de matérias-primas e outros recursos, seja para alterações de utilização ou construção de planos para a vida em sociedade. No trabalho do Villarmau *et al* (2015), é possível acompanhar uma análise do uso combinado de imagens do programa Landsat⁵ com as imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS)⁶ a fim de identificar o princípio de desmatamento ilegal em determinadas áreas e o acompanhamento do cumprimento do embargo nessas áreas. Atualmente órgãos responsáveis dispõem de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, sendo possível obter dados do ambiente ilegal com exatidão de área e localização, em tempo relativamente rápido. Os resultados obtidos no geoprocessamento são facilmente disseminados para a fiscalização que pode atuar de forma mais eficiente (Alencar *et al.*, 2004; Tancredi *et al.*, 2009).

O ambiente *Web* tem sido cada vez mais utilizado no contexto de geotecnologias, uma vez que é possível ter acesso aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) – ferramentas utilizadas para operar informações espaciais - podendo inserir, armazenar, analisar, visualizar e compartilhar dados geográficos. São de fácil utilização e acesso, ou seja, usuários não precisam ser especialistas e podem acessar de qualquer espaço geográfico, bastando apenas acesso ao meio. Como exemplos, tem-se o *Google Maps*⁷, o *Google Earth*⁸, *Google Street View*⁹ e o *Wikimapia*¹⁰.

Conjuntamente, dados ambientais também precisam ser coletados *in loco*. São dados específicos e cruciais a certas pesquisas geograficamente distribuídas podendo ser observadas em Macedo *et al* (2015), Coelho *et al* (2011). Contudo, existem sistemas ou equipamentos de alto custo, inviabilizando a utilização em alta escala. Como alternativa, no trabalho de Silva (2013), é desenvolvida, testada e aplicada uma rede de sensores sem fio de baixo custo para monitoramento em tempo real da temperatura ambiente, umidade relativa do ar e pressão atmosférica.

A aplicação dos sensores, atuadores, nas atividades de monitoramento ambiental vem ganhando proporção e servindo de valiosa fonte de investigação. Aliados ao conceito de IoT, diversos trabalhos exploram as possibilidades dessa crescente tecnologia. Destacam-se trabalhos como Pereira *et al* (2016), Dornelas (2017) e Silva *et al* (2016). No Ciclo Hype¹¹ 2015 da Gartner¹² para Tecnologias Emergentes, a IoT é apontada como tecnologia com grande foco de atenção e de impacto significativo.

O ecossistema da IoT é caracterizado por uma heterogeneidade de dispositivos e protocolos, gerando um grande desafio para o surgimento de padrões de comunicação. Assim, atualmente, companhias criam plataformas IoT, onde cada uma delas desenvolve seu próprio sistema,

⁵ https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html

⁶ <https://modis.gsfc.nasa.gov/>

⁷ <https://cloud.google.com/maps-platform/?hl=pt>

⁸ <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>

⁹ <https://www.google.com.br/intl/pt/streetview/>

¹⁰ <http://wikimapia.org>

¹¹ <https://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>

¹² <https://www.gartner.com/en>

método de comunicação, formas de acesso e que, seguramente, não oferta a capacidade de interoperabilidade com aplicações de terceiros (Dornellas, 2017).

Com a intenção de reduzir as dificuldades de integração e desenvolvimento na IoT, são criados *middlewares*, softwares mediadores para os diferentes sistemas na IoT. Para Zhong (2018), as informações essenciais para monitoramento são alcançadas de diversas fontes de dados em diferentes sistemas de informação. Nesse contexto, o compartilhamento de informações entre os envolvidos e a interoperabilidade semântica é de alta relevância fazendo com que os dados sejam interpretados por humanos e agentes de software, contribuindo para interações autônomas. No trabalho do Fraga (2016), tem-se uma proposta de um *middleware* capacitado para abstrair a heterogeneidade entre tecnologias por meio de uma abordagem semântica, baseada em ontologias. Utilizando a mesma abordagem semântica tem o trabalho de Bispo *et al* (2014) e Song *et al* (2010).

Outra ferramenta se apresenta para mitigar os desafios da IoT. Trata-se da Descrição das Coisas (*Thing Description* - TD) no ambiente da IoT. No trabalho de Almeida e Siqueira (2018) é feita uma revisão sistemática sobre o tema. Ele relata que TD consiste em utilizar os conceitos de *Web Semântica* para descrever características dos objetos da IoT permitindo melhor interoperabilidade entre humanos, computadores, "coisas" e sistemas. Assim, em TD, usam-se metadados, ontologias, o modelo de dados *Resource Description Framework* (RDF) e *eXtensible Markup Language* (XML), como na *Web Semântica*. No estudo, foram encontrados trabalhos onde a descrição da "coisa" está aplicada na comunicação na IoT (Datta e Bonnet (2016)), comunicação máquina-máquina (Bovet e Hennebert (2014)), na busca e descoberta de serviços ou "coisas" (Ara *et al.* (2014)), na privacidade, transparência ou segurança (Celdran *et al.* (2016)), na otimização de recursos ou desempenho (Albalas *et al.* (2017)).

No trabalho de Rangel e Jacyntho (2017), foi desenvolvida uma aplicação semântica *Linked Data* para catalogação semântica de sensores, como forma de validação do modelo para descrição formal de sensores utilizando ontologias *Linked Data*. Na aplicação, por meio das classes de ontologias consagradas (SSN, Foaf, Geonames, etc.) os sensores são catalogados, com suas especificações (nome do sensor, dados de localização (país, longitude, latitude), informações técnicas, condições de funcionamento, precisão, sensibilidade, etc.).

O W3C WG, atendendo as recomendações de publicação do W3C, apresentou em 2017 a versão da ontologia *Web of Things (WoT) Thing Description*, um modelo formal e uma representação comum para descrição da "coisa" na *Web of Things* (WoT). Complementando, tem-se o projeto VICINITY, seguindo as especificações do grupo de Interesses do W3C no domínio de IoT, com a criação da ontologia (*Ontology model for Web of Things – WoT ontology*) representando os termos principais do domínio, além de descrever a ligação entre os dados oriundos de recursos *Web*, permitindo maior interoperabilidade no contexto IoT.

Com base na ontologia *Ontology model for Web of Things – WoT ontology* e no objeto de pesquisa (sensores, atuadores ligados ao monitoramento ambiental) que este trabalho se apresenta com o objetivo de aplicar as tecnologias e padrões da *Web Semântica*, no contexto de monitoramento ambiental, mas especificamente na descrição formal da interface de uso dos dispositivos, utilizando para tal a referida ontologia, desenvolvida no projeto VICINITY.

3. DESCRIÇÃO SEMÂNTICA DA INTERFACE DE USO DE COISAS INTELIGENTES NO MONITORAMENTO AMBIENTAL

No contexto da WoT, a descoberta de uma “coisa inteligente”, seja um sensor de temperatura, pressão ou gás, por exemplo, pode ser imaginada como uma busca por página *Web*: os usuários emitem os critérios de pesquisa que podem resultar na descoberta de resultados relevantes ou até mesmo desconhecidos. Fatalmente, para se obter os resultados válidos, se faz necessário ter os meios para descrever os recursos, de maneira que a busca, com os critérios de pesquisa fornecidos, possa ser satisfeita. A *Web* conta para este fim, com o padrão HTML, uma linguagem de marcação utilizada na estruturação de páginas. Porém, a descoberta de “coisas inteligentes” no universo IoT carece de formatos comuns e sintaxes para efeito em um escopo global. Com isso, um modelo formal comum para descrever essas “coisas inteligentes”, suas características e habilidades se faz necessário (Serena *et al*, 2017).

A WoT pretende fazer com que tudo que envolva o ecossistema da IoT possa fazer parte da *Web*. Assim todos os sensores, atuadores utilizados em atividades de monitoramento ambiental, serão acessíveis por meio de um endereço e uma interface *Web*, similar ao que ocorre com páginas HTML convencionais. Essas interfaces *Web* devem conter detalhes, características destas "coisas", proporcionando ao usuário não apenas saber a quais dispositivos estão se referindo, mas também, onde e como alcançá-los na *Web*.

Na Figura 1, é apresentada, por meio de um diagrama de classes, a ontologia *Vicinity ontology model for Web of Things* (WoT ontology). Nela, tem-se uma visão geral da ontologia, como também, uma breve descrição do processo de desenvolvimento e a disponibilidade dos recursos.

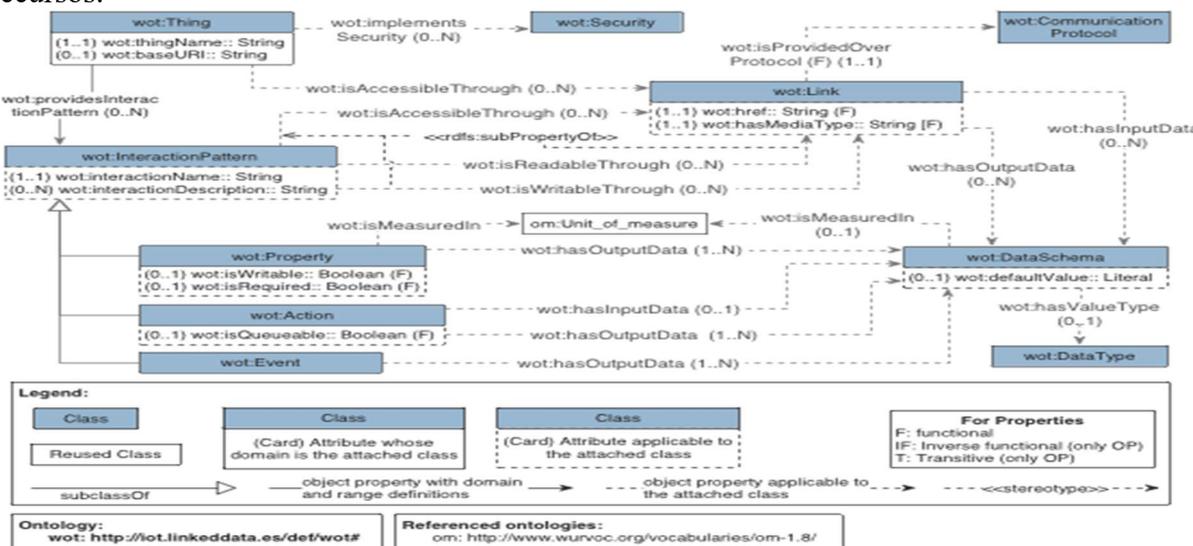


Figura 1 - Visão geral das principais classes e propriedades da WoT ontology.
 Fonte: Villamón *et al*. (2018).

Esta ontologia foi desenvolvida para definir “o quê” (um dispositivo, por exemplo, um exemplar de um sensor de temperatura), “como” (o protocolo de comunicação, formato de dados) e “onde” as "coisas" podem ser descobertas e acessadas na WoT. A ontologia descreve as "coisas inteligentes", segundo a visão do W3C, contendo conceitos fundamentais relacionados à WoT. “Coisa inteligente”, nomeada como *Thing* (podendo ser uma entidade física ou virtual, como sensor ou uma sala, um grupo de atuadores, etc.). Três tipos de interação com a "coisa inteligente", a saber: *Propriedade* (status de um Led, por exemplo), *Ação* (por

exemplo, acender ou apagar o Led) e *Evento* (para o Led, por exemplo, a emissão de um alerta para aplicação acerca do Led). *Esquema de dados* que representa os dados de entrada ou saída dependendo do tipo de interação e *Link*, que representa o endereço Web a partir do qual se pode interagir com a "coisa inteligente".

Para um melhor entendimento da descrição de uma "coisa", na Figura 2, é apresentado um exemplo de instanciação da ontologia WoT, referenciando a descrição de um padrão de interação com a "coisa inteligente". Trata-se de um exemplo fictício, porém realista.

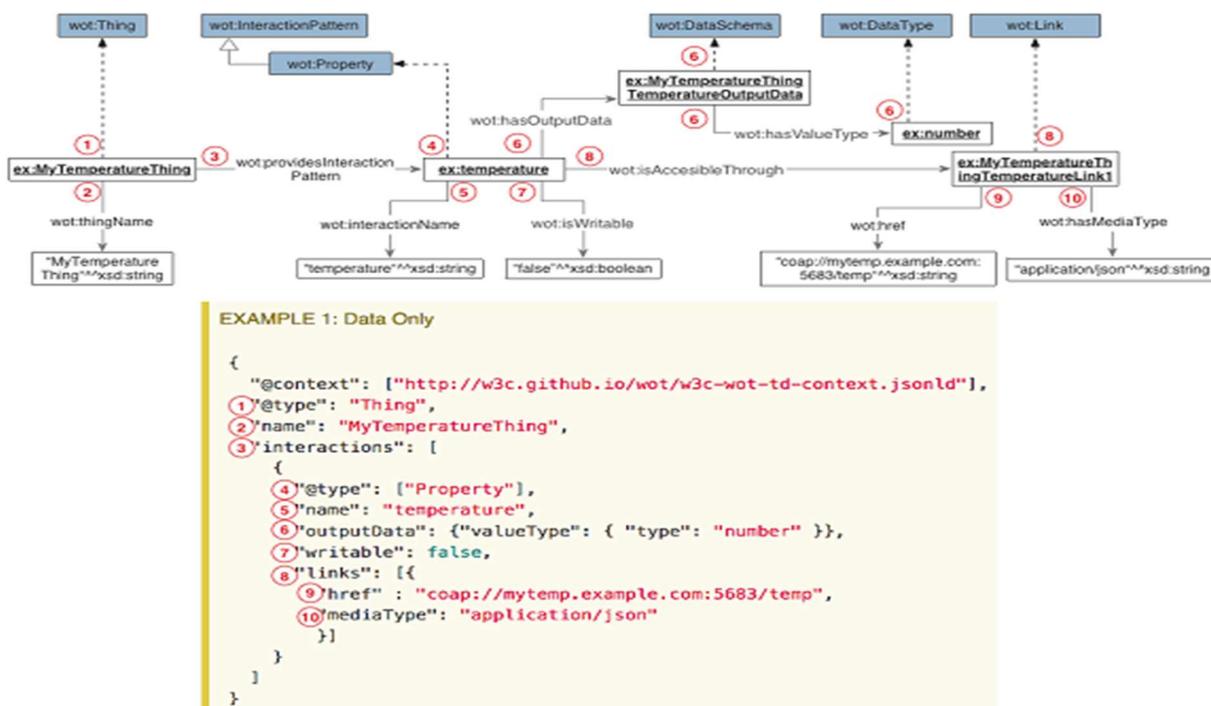


Figura 2. Exemplo de uma instanciação da WoT ontology.
Fonte: Villamón *et al.* (2018).

Neste exemplo, a instância de WoT refere-se a um sensor de temperatura, identificado pelo endereço *Web* (URI) *ex:MyTemperatureThing*¹³, descrevendo formalmente como acessar sua propriedade temperatura. O sensor é classificado como uma "coisa" (instância da classe *wot:Thing*) e tem como nome (*wot:thingName*) "My Temperature Thing". O sensor provê (*wot:providesInteractionPattern*) a interação do tipo "Propriedade" (instância da classe *wot:Property*), identificada pelo URI *ex:temperature*, que descreve como acessar a propriedade temperatura do sensor. O nome da interação (*wot:interactionName*) é "temperature" e é um acesso somente de leitura (*wot:Writable* com valor *false*). A interação descrita tem como dado de saída (*wot:hasOutputdata*) um valor numérico (*ex:number*), e este valor é acessível (*wot:isAccessibleThrough*) por meio do link identificado pelo URI *ex:MyTemperatureThingTemperatureLink1* cujo URL (*wot:href*) de acesso é

¹³ *ex:* - prefixo de *namespace* para abreviar endereços Web (URIs e URLs). Por exemplo, *ex:* poderia representar o *namespace* *http://exemplo.org/*.

“coap¹⁴://mytemp.example.com:5683/temp” e o tipo de mídia de retorno definido é *application/json*¹⁵”. Na figura 2, abaixo do diagrama de classes, tem a mesma descrição semântica apresentada em um arquivo, usando uma das sintaxes RDF da *Web Semântica*, a sintaxe *JSON for Linked Data* (JSON-LD)¹⁶. Este seria o arquivo retornado, contendo esta descrição semântica, ao se acessar o URI *ex:MyTemperatureThing* que identifica o sensor em questão. Note que se trata de um arquivo estruturado, inteligível por máquina.

4. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os cenários de monitoramento ambiental, IoT e WoT, os usuários não estão cientes de todos os aspectos possíveis, de todas as plataformas e de todos os dados ambientais já gerados pelas "coisas inteligentes" existentes e espalhadas pelo mundo afora. Para extrair todo o potencial dessa enorme quantidade de sensores, somente com auxílio da máquina para encontrar, integrar e usar estes dispositivos de forma adequada. Descrever a forma como essas "coisas inteligentes" são acessadas torna possível saber que tipo de coisa (sensor ou atuador) está sendo usado, qual o protocolo envolvido e que formato de dados é usado. Espera-se que este trabalho contribua para a divulgação dos conceitos da *Web Semântica*, no contexto da IoT e WoT, estimulando a publicação da interface de uso de sensores e atuadores, em formato não ambíguo, compreensível por máquinas, em projetos de SWoT, aumentando, pois, a interoperabilidade entre estas "coisas inteligentes" e, por conseguinte, trazendo à tona valioso conhecimento para importantes tomadas de decisão em nível mundial.

Como futuras investidas, pretende-se criar uma aplicação semântica *Linked Data*, permitindo a catalogação e publicação da descrição formal da interface de uso de "coisas inteligentes", empregando um conjunto de ontologias comum, seguido de um estudo de caso real, envolvendo sensores e atuadores já em produção.

REFERÊNCIAS

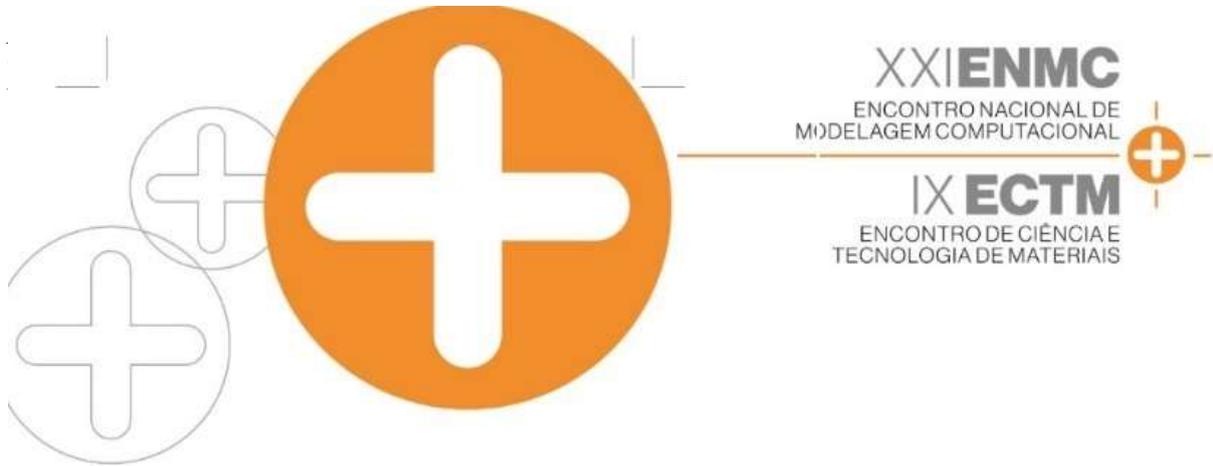
- Alencar, A.; Nepstad, D.; McGrath, D.; Moutinho, P.; Pacheco, P.; Diaz, M. D. C. V.; Soares Filho, B. 2004. Desmatamento na Amazônia indo além da “emergência crônica”. Belém: IPAM, 89 p.
- Albalas, F., Mardini, W., Al-Soud, M. (2017). “AFT: Adaptive Fibonacci-based Tuning Protocol for Service and Resource discovery in the Internet of Things”. The 2nd International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC 2017). pp.177- 182.
- Almeida, H. G., & Siqueira, S. 2018. Uma Revisão Sistemática sobre Descrição Semântica na Internet das Coisas. *iSys-Revista Brasileira de Sistemas de Informação*, 11(2).
- Ara, S. S., Shamszaman, Z. U., and Chong, I. 2014. “Web-of-objects based usercentric semantic service composition methodology in the internet of things”. *International Journal of Distributed Sensor Networks*.
- Azevedo, R.S. e Jacyntho, M.D., 2014. Um Modelo Baseado em Ontologias Linked Data para Catalogação de Projetos de Software. In 12ª Conferência Ibero-Americana WWW/Internet 2014, Porto, Portugal.
- Batista and Jacyntho, MD., 2017. Gestão Linked Data de Eventos. In 15ª Conferências Ibero-Americanas WWW/Internet e Computação Aplicada. p.119. Vilamoura, Algarve, Portugal.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O., 2001. The Semantic Web. *Scientific American*.
- Bispo, K. A., Rosa, N. S., & Cunha, P. R. 2014. A semantic message oriented middleware for wireless sensor networks. In *Proceedings of the 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems* (p. 26). ACM.

¹⁴ <http://coap.technology/>

¹⁵ <https://www.json.org/>

¹⁶ <https://json-ld.org>

- Bovet, G., Hennebert, J. 2014. “Distributed semantic discovery for web-of-things enabled smart buildings”. 6th International Conference on New Technologies, Mobility and Security - Proceedings of NTMS 2014 Conference and Workshops.
- Celdrán, A. H., Clemente, F. J. G., P´erez, M. G., and P´erez, G. M. (2016). “SeCoMan: A Semantic-Aware Policy Framework for Developing Privacy-Preserving and Context-Aware Smart Applications”. IEEE Systems Journal, pp. 1111-1124.
- Coelho, E. F. et al. 2011. Extração de água do solo e posicionamento de sensores para manejo da irrigação por gotejamento de mamoeiro. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1 CD-ROM.
- Datta, S. K. and Bonnet, C. 2016. “Describing things in the Internet of Things: From CoRE link format to semantic based descriptions”. IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan, ICCE-TW 2016.
- Dornelas, E., & Campello, S. (2017). Monitoramento de consumo doméstico de água utilizando uma meta-plataforma de IoT. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 2(2).
- Fraga, V. M. da S. 2016. Aura: Um middleware semântico para a Internet das Coisas. TCC de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco.
- Goldemberg, J.; Lucon, O. 2008. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. 3 ed. São Paulo: Edusp. 400 p.
- Guinard, Dominique D. & Trifa, Vlad M. (2016). Building the Web of Things. With examples in Node.js and Raspberry Pi. ISBN 9781617292682, 344 pages.
- Macedo, K., Narciso, M. G., Heinemann, A. B. 2015. Uso de sensores para a verificação do estresse hídrico da planta. X Congresso Brasileiro de AgroInformática.
- Pereira, J., Batista, T., Cavalcante, E., Soares, B. G., & Alves, M. Uma Solução de IoT para Uso Eficiente de Energia Elétrica em Prédios Inteligentes.
- Rangel & Jacyntho, MD., 2016. Proposta de modelo baseado em ontologias *Linked Data* para catalogação de sensores. In 15ª Conferências Ibero-Americanas WWW/Internet e Computação Aplicada. p.103. Vilamoura, Algarve, Portugal.
- Refosco, J. C. 2006. Modelos dinâmicos espaciais e sua utilização na análise de mudanças do uso do solo regional. In: Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual. Almeida, C. M. de; Câmara, G.; Monteiro, A. M. V. (Org.). São Paulo: Oficina de Textos, p. 328-366.
- Santarem Segundo, J. E. and Coneglian, C. S. 2016. Web semântica e ontologias: um estudo sobre construção de axiomas e uso de inferências. Informação & Informação, Vol. 21, No. 2, pp. 217;244.
- Serena, Fernando; Poveda-Villalón, María; García-Castro, Raúl. Semantic Discovery in the Web of Things. In: International Conference on Web Engineering. Springer, Cham, 2017. p. 19-31.
- Silva, M. S. 2013. Rede de sensores sem fio de baixo custo para monitoramento ambiental. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Campinas, SP.
- Silva, M. P., Nazário, D. C., Dantas, M. A. R., Gonçalves, A. L., Pinto, A. R., Manerichi, G., & Vanelli, B. 2016. Implementação da IoT para o Monitoramento das Variáveis Meteorológicas num AAL.
- Song, Z. Alvaro A. C´ardenas, R. Masuoka. 2010. “Semantic Middleware for the Internet of Things”.
- Tancredi, N. S. H.; Santos, P. M. C.; Cohenca, D. Esforço do laboratório de geoprocessamento da gerência executiva do IBAMA em Santarém para o monitoramento ambiental da região oeste do Pará. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento, 14., Natal, RN. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009, p. 4481-4488.
- Vilarmau, A.B.;Rodrigues, T. da S.;Silvestre, K.S.;Sano, E.E.;Lopes, C.A.L.2015. Uso combinado do sensor MODIS e imagens Landsat para monitorar áreas embargadas no Estado do Para(PA). Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil,INPE.
- Villamón, M. P.; Castro, R.G.; Serena, F. Vicinity ontology model for Web of Things (WoT ontology) Disponível em < <http://iot.linkeddata.es/def/wot/index-en.html>>. Acesso em: 16 de Julho de 2018.
- Wang,W., Shi,Y., Li,G. and Liu, N. 2016. A framework for context-aware semantic complex event processing. Intelligent Control and Automation (WCICA), 2016 12th World Congress on. IEEE.
- Zhong, B. Gan, C.Luo, H. Xing, X. 2018. Estrutura baseada em ontologias para a criação de monitoramento ambiental e verificação de conformidade no ambiente BIM.Building and Environment. Volume 141, páginas 127-142.



08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

SEMANTIC WEB IN ENVIRONMENTAL MONITORING: FORMAL DESCRIPTION OF ACCESS INTERFACE OF SENSORS AND ACTUATORS

Geovana da Silva Batista¹ - geovana.batista@gmail.com

Mark Douglas de Azevedo Jacyntho² - markjacyntho@gmail.com

^{1,2}Instituto Federal Fluminense Campus Campos Centro - Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Abstract. *Technology acts as a promising factor in environmental monitoring, generating satisfactory results for both nature and society. In order to monitor local environmental variables such as ambient temperature, atmospheric pressure and humidity, actions are required from sensors and actuators, called "things", installed at the site of interest. The use of these devices is linked to the Internet of Things (IoT) Concept. Due to the enormous amount of data produced by them, the need arises that these data are on the Web (Web of Things - WoT) and that software agents can interpret them. However, standardization and heterogeneity of the protocols are major challenges for IoT. Thing Description (TD), through Semantic Web technologies and standards, enables formal and standardized description of "things" in IoT and, therefore, enables interoperability between geographically distributed devices on the Web. The objective of this work is to contextualize Semantic Web concept, with environmental monitoring, using the formal representation model developed in the VICINITY project, named WoT ontology, aimed at describing the access interface of sensors and actuators. As a result, this work contributes to environmental work in the Semantic Web of Things (SWoT), describing information intelligible to humans and machines.*

Keywords: *Environmental Monitoring, Internet of Things, Semantic Web.*