



PROJETO DE GATEWAY PARA CONFIGURAÇÃO DINÂMICA E MAPEAMENTO DE DADOS PARA A INTERNET DAS COISAS

Roberto S. D. Vasconcelos¹, Danilo F. S. Santos²

RESUMO

A Internet das Coisas ou, pela sigla “IoT” (*Internet of Things*), traz um conceito atual e transformador sobre a conexão entre objetos físicos utilizando sensores, atuadores e softwares. Quando falamos de “coisas” em IoT, estamos nos referindo a qualquer objeto que realiza a integração de sensores, atuadores e outros sistemas digitais, funcionando de forma mais inteligente por meio da troca de informações com pessoas e outros objetos. Pode-se entender, então, que as “coisas” — por meio de sistemas digitais acrescentados a elas — são capazes de se conectar a outros objetos e às pessoas, permitindo o envio de comandos, a troca de dados sobre uso e sensoriamento, a identificação da presença de objetos e pessoas, entre outras aplicações. Neste projeto, o qual foi realizado em complementação às atividades do bolsista anterior que atuou nos seis primeiros meses do cronograma, teve-se como objetivo o estudo e implementação de ferramentas que auxiliem o desenvolvimento de tecnologias em IoT em diferentes contextos. Como principais ferramentas, foram avaliadas o Node-Red, que oferece um arcabouço para o desenvolvimento de aplicações para IoT em gateways, e o IoTivity, que é um arcabouço de código aberto para a comunicação entre dispositivos IoT projetado e mantido pela *OpenConnectivity Foudation* (OCF). Foram realizados experimentos que comprovam a viabilidade de integração entre as duas ferramentas. No decorrer do desenvolvimento deste trabalho é importante ressaltar as dificuldades enfrentadas pelo bolsista devido as restrições de movimentação ocasionadas pela Covid-19. Dado essas restrições, ficou impossibilitado a utilização de laboratórios e equipamentos adequados para a realização deste projeto, portanto, resultando em alterações no cronograma planejado.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Arcabouço de Desenvolvimento; IoTivity.

¹Aluno do curso Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: Roberto.vasconcelos@ee.ufcg.edu.br

²Doutor, Professor, UAEE, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: danilo.santos@dee.ufcg.edu.br

GATEWAY DESIGN FOR DYNAMIC CONFIGURATION AND DATA MAPPING FOR THE INTERNET OF THINGS

ABSTRACT

The Internet of Things or, by the acronym "IoT", brings a current and transforming concept about the connection between physical objects using sensors, actuators and software. When we talk about "things" in IoT, we are referring to any object that performs the integration of sensors, actuators and other digital systems, functioning more intelligently through the exchange of information with people and other objects. It can be understood, then, that "things" - through digital systems added to them - are able to connect to other objects and people, allowing the sending of commands, the exchange of data on use and sensing, the identification of the presence of objects and people, among other applications. In this project, which was carried out in addition to the activities of the previous fellow who worked in the first six months of the schedule, the objective was to study and implement tools that assist the development of IoT technologies in different contexts. As main tools, Node-Red, which offers a framework for the development of applications for IoT on gateways, and IoTivity, which is an open source framework for communication between IoT devices designed and maintained by OpenConnectivity Foudation (OCF), were evaluated.). Experiments were carried out to prove the feasibility of integration between the two tools. During the development of this work, it is important to highlight the difficulties faced by the fellow due to the movement restrictions caused by Covid-19. Given these restrictions, it was impossible to use adequate laboratories and equipment to carry out this project, therefore, resulting in changes to the planned schedule.

Keywords: Internet of Things, Development Framework, IoTivity.

INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) fornece a capacidade para humanos e computadores aprenderem e interagirem com bilhões de “coisas” como sensores, atuadores, serviços e outros objetos conectados à Internet. A realização de sistemas de IoT permite a integração contínua do mundo cibernético com o mundo físico e muda fundamentalmente a capacidade da interação humana com o mundo [1]. Dessa forma, com aumento do número de dispositivos inteligentes e conectados, cresce a tendência de utilização de arcabouços para IoT. A adoção desses arcabouços pode melhorar o desenvolvimento de aplicativos IoT através de rápida implementação, interoperabilidade, facilidade de manutenção, segurança e flexibilidade tecnológica [2]. Com isto, várias atividades de pesquisa e desenvolvimento estão sendo realizadas principalmente com foco em novo protocolos e arquiteturas que possam se integrar a esses arcabouços. Essas atividades, em geral, têm como objetivo oferecer melhorias em aspectos relacionados a interconexão entre objetos (coisas), eficiência energética e de comunicação, novas APIs, e o desenvolvimento e integração de novos serviços. Em paralelo, devido aos aspectos de distribuição geográfica, proximidade aos usuários finais e suporte a mobilidade, serviços de Computação na Borda podem suportar aplicações com baixíssima latência e, portanto, com melhores aspectos de Qualidade de Serviço (QoS). Uma visão deste cenário pode ser ilustrada a partir da Figura 1 a seguir.



Figura 1 - Visão comparativa entre diferentes níveis computacionais.

Com isso, esse modelo de distribuição computacional viabiliza diversos tipos de aplicações que demandem operações com baixa latência ou aspectos de tempo real. Essas aplicações podem ser em diferentes domínios. No domínio de saúde [3] [4], aplicações podem ser instaladas em ambientes clínicos integrados, e podem oferecer serviços de alarmes inteligentes, avaliando os dados de sinais vitais de equipamentos em tempo real, e executando algoritmos inteligentes para verificação de situações de risco. Em outro domínio, sistemas de Computação na Borda ou IoT podem atuar como sistemas de segurança em ambientes industriais, avaliando em

tempo real os dados gerados por sensores, atuadores e controladores distribuídos na rede industrial, e realizando ações de segurança e controle quando necessário. Com o cenário apresentado, alguns desafios surgem no que tange a integração dos dispositivos nas redes de primeiro nível, ou seja, na integração das “coisas” do IoT. Um dos principais desafios para o processamento de dados nos serviços está em como interpretar informações heterogêneas de diversos dispositivos na rede de borda [5]. Por se tratar de dispositivos de diferentes domínios, como saúde, automação residencial ou segurança, cada um tende a seguir diferentes normas e padrões de comunicação.

Portanto, de modo a ser passível de oferecer serviços inteligentes e interoperáveis aos nós da rede, um serviço ou gateway na borda deve ser capaz de interpretar os dados de modo homogêneo. Nesse sentido, um dos serviços base seria a realização da transcodificação de dados de dispositivos da rede para um formato único e interoperável, de modo a facilitar o desenvolvimento de serviços de processamento na borda da rede. Além do mapeamento, estes dispositivos interoperáveis em gateways devem ser capazes de executar aplicações finais. Estas aplicações devem ser facilmente programáveis, de modo a viabilizar uma maior agilidade na configuração dele. Essa configuração dinâmica pode ser realizada através do uso de modelos, em um ambiente de programação dinâmico oferecido por arcabouços de IoT. Para viabilizar essa configuração dinâmica, arcabouços como o Node-Red [10] e o Calvin IoT [11] oferecem ambientes dinâmicos para a programação de aplicações IoT utilizando atores e/ou modelos. Em relação ao uso de padrões de interoperabilidade, padrões como o OCF [7] oferecem uma padronização semântica dos dados para diferentes domínios, de modo a facilitar sua manipulação por diferentes equipamentos. Nesse cenário de interoperabilidade e configuração dinâmica para gateways IoT é onde se enquadra esse trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para esse projeto se baseou em um modelo de *Project-based Learning* e *Problem-solving Learning*. Nesse sentido, foram definidos pelo orientador pequenos projetos integradores de tecnologia de comunicação, visando a resolução de problemas inerentes a diferentes domínios de aplicação e aos objetivos do projeto. Para isso, foram desenvolvidos estudos em torno dos seguintes pontos:

- O padrão de interoperabilidade OCF (OpenConnectivity Foundation);
- Frameworks para o desenvolvimento de aplicações IoT baseado em modelos, como o NODE-Red.

Para estudar as plataformas e tecnologias de interesse para o projeto foram realizados os seguintes micro-projetos:

- Desenvolvimento de aplicações baseadas utilizando o framework IoT Node-Red;

- Estudo e desenvolvimento de aplicações com protocolos de comunicação IoT, especificamente o protocolo OCF e sua implementação IoTivity [8].

Do ponto de vista de gestão de atividades, em todas as fases do projeto, foi aplicada a metodologia de desenvolvimento ágil Scrum aplicado a pesquisa tecnológica e inovação. Nela, o projeto é visto como um conjunto de pequenas tarefas, em vez de um processo completo.

Considerando o conjunto de atividades previstas originalmente no projeto, as atividades de investigação sobre o *Microsoft IoT Plug-n-Play* e o *Digital Twin Description Language* (DTDLD) [9] foram realizadas pelo bolsista anterior, o qual participou do projeto nos 6 primeiros meses. Após sua análise, e considerando seus resultados de pesquisas, o projeto teve um foco na investigação das outras ferramentas: Node-Red e o IoTivity e seus modelos de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de buscar a preparação necessária para entendimento do ambiente de desenvolvimento escolhido, a primeira ação realizada pelo bolsista foi a conclusão de um curso sobre JavaScript, dado que um dos arcabouços alvo de investigação foi o Node-Red, o qual é baseado no framework Node.js.

Após esse nivelamento de base, a primeira atividade alinhada com o objetivo do projeto foi o estudo da ferramenta Node-Red (<https://nodered.org/>). Em seguida, a segunda atividade foi a realização do desenvolvimento e simulação de um dispositivo IoT com comunicação OCF, através do arcabouço IoTivity, criando assim um cenário de servidor e cliente OCF.

O objetivo principal nestas duas atividades foi adquirir o conhecimento necessário para realizar a integração entre as duas ferramentas. Em um cenário geral, a visão de desenvolvimento e integração IoT com os dispositivos alvos segue o apresentado no diagrama da Figura 2 a seguir.

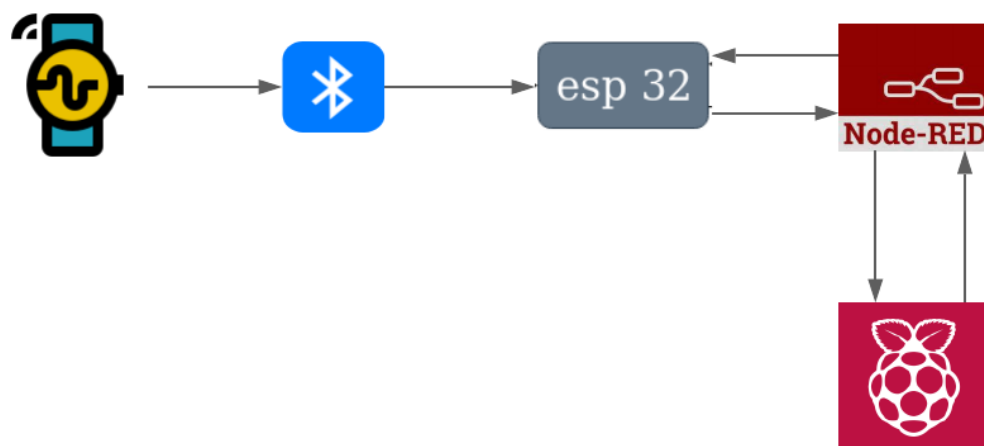


Figura 2 – Modelo alvo de integração entre o Node-Red e a plataforma IoT.

No cenário alvo apresentado, uma aplicação de gateway/borda com o arcabouço Node-Red é executada em uma plataforma alvo como o Raspberry-PI. Essa aplicação se comunica via um protocolo IoT, como o OCF, com uma plataforma de coleta de dados em microcontrolador, como um ESP32. O ESP32 por sua vez, faz a coleta de dados de sensores, sua transcodificação para o formato OCF, e retorna a aplicação de borda Node-RED.

Durante as atividades de investigação e desenvolvimento foram encontradas diversas dificuldades que resultaram em atrasos e revisões de tarefas. Por exemplo, devido a inviabilidade de acesso a infraestrutura dos laboratórios da UFCG, umas das piores situações foram os problemas gerados pela virtualização de uma máquina Linux (Ubuntu) no computador pessoal do bolsista, o que tornou diversas atividades inviáveis. Por exemplo, essas limitações refletiram diretamente nas simulações executadas com o arcabouço Node-Red e com o IoTivity.

Investigação e Testes da ferramenta Node-Red

O node-Red é uma ferramenta de código aberto para o desenvolvimento e execução de aplicações IoT, fazendo o uso de uma abordagem de programação visual (*flow-based programming*) onde é possível conectar blocos de funcionalidades para a realização de tarefas. Os blocos de códigos são conhecidos como “nós” e são divididos em nós de entrada, processamento e saída formando assim um fluxo (*flow*). Esses nós possuem funções que são escritas em JavaScript. Para este projeto, foi investigado como realizar a criação de nós, se baseando no material disponível pelos desenvolvedores da ferramenta (<https://nodered.org/docs/creating-nodes/first-node>).

Como descrito pelo bolsista anterior, em seu relatório parcial, é possível identificar que além dos nós existentes na ferramenta é possível adicionar nós criados pela comunidade, assim como criar novos nós e usá-los em novas aplicações. A partir dos fluxos criados na interface, o Node-Red gera um código em JavaScript e executa as ações determinadas em uma plataforma de borda ou gateway.

No diagrama da Figura 3 a seguir temos a interface de desenvolvimento do Node-Red em execução em um browser de Internet. Nesta figura é possível visualizar o exemplo de um envio de mensagem simples através de um socket TCP.

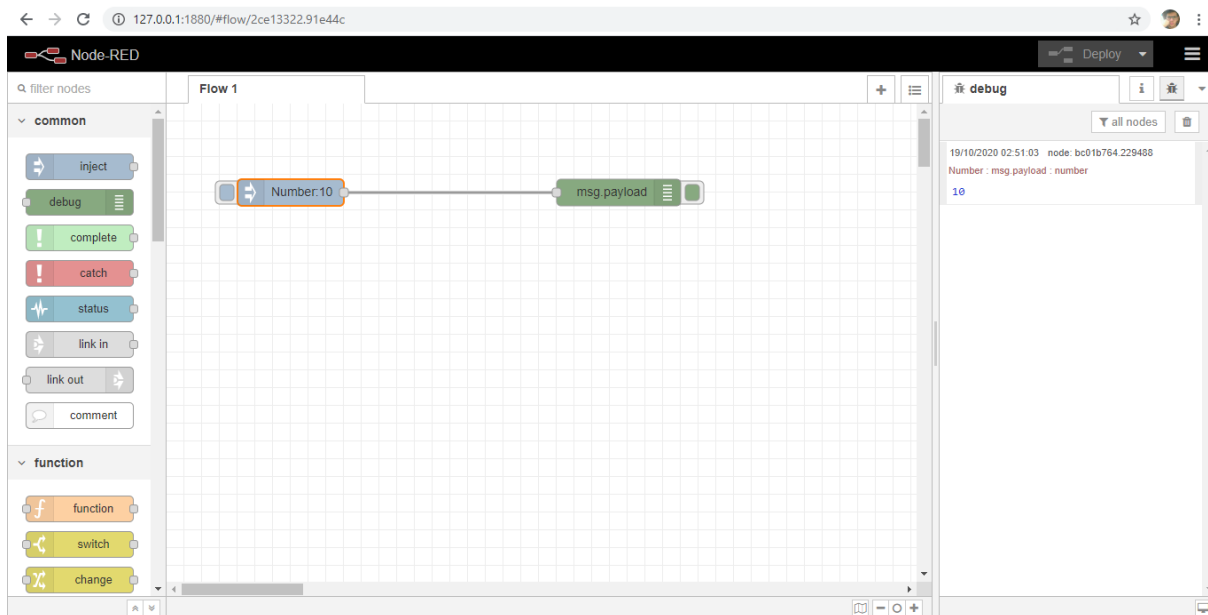


Figura 3 – Exemplo de aplicação IoT no Node-Red.

Investigação e Testes com o padrão OCF

Como resultado das atividades do bolsista anterior, foram realizadas investigações sobre o OpenConnectivity Foundation. Criada em fevereiro de 2016, a OCF trata-se de um grupo de grandes empresas da área de tecnologia, como Intel, Samsung, Qualcomm, dentre outras, interessadas em desenvolver e certificar padrões de comunicação para dispositivos e aplicações visando promover uma maior interoperabilidade entre os componentes da rede de Internet das Coisas.

Como forma de promover a interoperabilidade entre dispositivos IoT, a OCF desenvolve, de forma colaborativa com a comunidade open-source modelos que descrevem dispositivos do mundo real. Esses modelos são descritos a partir de recursos. Cada dispositivo OCF pode conter um ou mais recursos, e cada recurso contém seus respectivos parâmetros [7]. Os recursos são usados para modelar aspectos reais de um dispositivo, tais como sensores e atuadores tornando-os visíveis para outros membros da rede. Já os parâmetros de cada recurso definem a forma como tais sensores/atuadores interagem na rede. Por exemplo um sensor de frequência cardíaca, ao ser representado dentro da arquitetura OCF, deve conter um recurso que permita aos clientes da rede obter informações acerca da bateria do dispositivo.

Seguindo esse exemplo, os parâmetros dentro de um modelo da bateria devem descrever o modo pelo qual as informações sobre a bateria podem ser acessadas pelos clientes da rede, o tipo do dado que o parâmetro representa e a unidade na qual os valores dos parâmetros estão representados, dentre outras informações que podem ser importantes dependendo da natureza do dispositivo.

Investigação e Testes com a Ferramenta IoTivity

O IoTivity é um conjunto de ferramentas e bibliotecas de código aberto que implementam os padrões Open Connectivity Foundation (OCF), possibilitando a conexão e troca de mensagens com segurança e confiabilidade entre dispositivos IoT, através de uma API REST. Deste modo é possível acelerar o desenvolvimento de estruturas e serviços necessários para conectar os bilhões de dispositivos que futuramente estarão interagindo com o ambiente IoT. A estrutura do IoTivity foi desenvolvida com o objetivo de se tornar um padrão para IoT, por isso a OCF influencia cada vez mais a comunidade em torno desse padrão, sendo esse um dos mais fortes dos pontos positivos.

De maneira geral, a interação cliente e servidor do IoTivity pode ser ilustrada através do diagrama da Figura 4 a seguir.

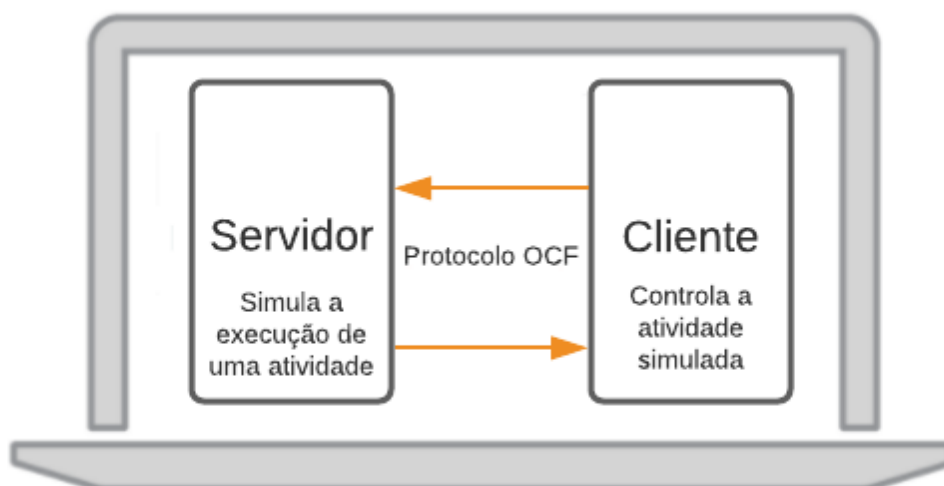


Figura 4 – Comunicação cliente-servidor no IoTivity.

Nas capturas de tela das Figura 5 e Figura 6 a seguir é possível visualizar a execução de um servidor desenvolvido, o qual simula um interruptor binário, e de um cliente (Onboarding tool) para conexão ao servidor. Ambos dispositivos simulados executaram em uma mesma máquina e se comunicaram a partir do protocolo OCF, como visualizado nos registros no terminal.


```
roberto@roberto-VirtualBox: ~/iot-lite/iotivity-lite/port/linux
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
roberto@roberto-VirtualBox:~$ cd iot-lite/iotivity-lite/port/linux
roberto@roberto-VirtualBox:~/iot-lite/iotivity-lite/port/linux$ ./device_builder_server
Used input file : "../device_output/out_codegeneration_merged.swagger.json"
OCF Server name : "server_lite_3114"
Intialize Secure Resources
    storage at './device_builder_server_creds'
    Introspection data set from 'server_introspection.cbor' for device 2733
[bytes]
Register Resource with local path "/binaryswitch"
    number of Resource Types: 1
    Resource Type: "oic.r.switch.binary"
    Default OCF Interface: "oic.if.a"
OCF server "server_lite_3114" running, waiting on incoming connections.
█
```

Figura 5 – Exemplo de aplicação servidora IoTivity em execução.

```
roberto@roberto-VirtualBox: ~/iot-lite/iotivity-lite/port/linux
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
roberto@roberto-VirtualBox:~$ cd iot-lite/iotivity-lite/port/linux
roberto@roberto-VirtualBox:~/iot-lite/iotivity-lite/port/linux$ ./onboarding_tool
Started device with ID: de8c3e51-638d-4d56-6b09-7bbdb2287e4e

#####
OCF 2.x Onboarding Tool
#####
[0] Display this menu
-----
[1] Discover un-owned devices
[2] Discover un-owned devices in the realm-local IPv6 scope
[3] Discover un-owned devices in the site-local IPv6 scope
[4] Discover owned devices
[5] Discover owned devices in the realm-local IPv6 scope
[6] Discover owned devices in the site-local IPv6 scope
[7] Discover all resources on the device
-----
[8] Just-Works Ownership Transfer Method
[9] Request Random PIN from device for OTM
[10] Random PIN Ownership Transfer Method
[11] Manufacturer Certificate based Ownership Transfer Method
-----
[12] Provision pair-wise credentials
[13] Provision ACE2
[14] Provision auth-crypt RW access to NCRs
[15] RETRIEVE /oic/sec/cred
[16] DELETE cred by credid
[17] RETRIEVE /oic/sec/acl2
[18] DELETE ace by aceid
[19] RETRIEVE own creds

roberto@roberto-VirtualBox: ~/iot-lite/iotivity-lite/port/linux
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
[11] Manufacturer Certificate based Ownership Transfer Method
-----
[12] Provision pair-wise credentials
[13] Provision ACE2
[14] Provision auth-crypt RW access to NCRs
[15] RETRIEVE /oic/sec/cred
[16] DELETE cred by credid
[17] RETRIEVE /oic/sec/acl2
[18] DELETE ace by aceid
[19] RETRIEVE own creds
[20] DELETE own cred by credid
[21] Provision role RW access to NCRs
[22] Provision identity certificate
[23] Provision role certificate
-----
[96] Install new manufacturer trust anchor
[97] RESET device
[98] RESET OBT
-----
[99] Exit
#####
Select option:
7

My Devices:

Unowned Devices:
[0]: 81b29fd8-0c2e-4f97-5115-400774687757 - server_lite_3114

Select device: 0
```

Figura 6 – Ferramenta Cliente em conexão com o servidor IoTivity desenvolvido.

Ferramenta oneloTa

Conforme foi citado no tópico anterior, a OCF visando a interação da comunidade desenvolvedora criou o oneloTa, que trata-se de um repositório onde encontram-se organizados os modelos de dispositivos IoT desenvolvidos tanto pela OCF quanto pela comunidade. Esse ambiente serve para que desenvolvedores de todo o mundo possam submeter propostas de novos modelos que serão avaliados pelos revisores e em caso de aprovação, os novos modelos são adicionados ao repositório oficial da plataforma [6]. Esses modelos, são objetos descritos em JavaScript Simple Object Notation (JSON) e representam recursos e serviços de dispositivos físicos, como por exemplo lâmpadas, termômetros, medidores de frequência cardíaca e etc.

CONCLUSÃO

Com os estudos, simulações e resultados obtidos nesse projeto é possível identificar a possibilidade da integração do IoTivity com o arcabouço Node-RED. Para tanto, é necessário a criação de nó Node-Red que interprete o modelo de dados OneloTa, e se comunique com o arcabouço IoTivity na mesma máquina. Portanto, viabilizando uma possível transcodificação entre o Node-RED e o IoTivity.

Entretanto, os principais resultados deste projeto foram obtidos quase que em sua totalidade no período antes da pandemia. Isso se deve ao fato que após o início da quarentena do covid-19 em 2020, o bolsista não teve mais acesso ao ambiente laboratorial da UFCG, portanto, executando suas atividades de pesquisa em um ambiente difícil de manter o foco nos estudos, tendo que dividir o tempo com trabalho, atividades domésticas e compreensão de pessoas no mesmo convívio. Este cenário foi o principal responsável pelas limitações de exploração e integração do IoTivity com o Node-Red.

A direção tomada para este projeto foi, portanto, na base teórica de investigação dos protocolos e criação de propostas de integração. O estudo foi focado em entender e colocar em prática o padrão OCF, o qual seria utilizado de forma posterior para conectar dispositivos wifi e bluetooth com o Node-Red através da integração com o IoTivity. Ressalta-se que também foram realizadas investigações com outros protocolos, como o padrão MQTT, de modo a se obter um rápido entendimento da ferramenta Node-Red. Concluímos então que mesmo inacabado o projeto serviu para aprendizado e entendimento de ferramentas e teorias que podem ser utilizadas em diversas aplicações no meio acadêmico

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. E com acompanhamento direto do professor Danilo F. S. Santos. PIBITI/CNPq-UFCG

REFERÊNCIAS

- [1] M. Satyanarayanan, “The emergence of edge computing,” *Computer*, vol. 50, no. 1, pp. 30–39, 2017.
- [2] H. Derhamy, J. Eliasson, J. Delsing, and P. Priller, “A survey of commercial frameworks for the internet of things,” in *2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*. IEEE, 2015, pp. 1–8.
- [3] R. Carroll, R. Cnossen, M. Schnell, and D. Simons, “Continua: An interoperable personal healthcare ecosystem,” *IEEE Pervasive Computing*, vol. 6, no. 4, pp. 90–94, 2007.
- [4] W. Zhao, C. Wang, and Y. Nakahira, “Medical application on internet of things,” 2011.
- [5] W. Shi, J. Cao, Q. Zhang, Y. Li, and L. Xu, “Edge computing: Vision and challenges,” *IEEE internet of things journal*, vol. 3, no. 5, pp. 637–646, 2016.
- [6] OCF. (2016) oneiota user guide. [Online]. Available: https://openconnectivity.org/oneiota/OneIota_User_Guide.pdf
- [7] PARK, Soohong. OCF: A new open IoT consortium. In: 2017 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA). IEEE, 2017. p. 356-359.
- [8] IoTivity. (2019) About. [Online]. Available: <https://iotivity.org/about>
- [9] “Introdução ao iot plug and play preview,” Dec 2019. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/iot-pnp/overview-iot-plug-and-play>
- [10] LEKIĆ, Milica; GARDAŠEVIĆ, Gordana. IoT sensor integration to Node-RED platform. In: 2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH). IEEE, 2018. p. 1-5.
- [11] MEHTA, Amardeep et al. Calvin constrained—A framework for IoT applications in heterogeneous environments. In: 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS). IEEE, 2017. p. 1063-1073.