

INTEGRAÇÃO DE MODELOS FÍSICOS COM MODELOS BIM UTILIZANDO IoT E FORGE

Integration of Physical and BIM Models Using IoT and Forge

Caroline Silva Araújo
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | araujo.caroline92@gmail.com

Ana Clara Malheiro Smera Batista
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | anaclaramsba@gmail.com

Bruno Fonseca Coelho Lima
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | 97limabruno@gmail.com

Emerson de Andrade Marques Ferreira
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | ferreira.eam@gmail.com

RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) está presente em muitas indústrias e possibilita a comunicação entre dispositivos existentes no cotidiano humano através da Internet, além de fornecer informações em tempo real sobre mudanças no estado das coisas. A Modelagem da Informação da Construção (BIM) representa um avanço para o setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) devido à sua capacidade de produzir modelos virtuais que se aproximam da realidade e de promover maior integração para projetos. Apesar da sua ampla utilização, algumas funcionalidades do BIM ainda são pouco exploradas, como a representação do estado de objetos em tempo real. Esta representação pode ser alcançada por meio da associação com a IoT. O objetivo do estudo é avaliar o processo de integração de modelos físicos com modelos BIM utilizando IoT e Forge, uma plataforma que expande as funcionalidades do BIM, buscando desenvolver aplicações futuras para AECO. Para realizar essa avaliação, elaborou-se um sistema utilizando Arduino IDE, placa ESP8266, Firebase, Forge, Revit e circuitos eletrônicos. O experimento comprovou a possibilidade de conexão entre os modelos através de um fluxo bidirecional de dados, enviando comandos para os atuadores, coletando dados dos sensores e cumprindo o objetivo de integrar modelos físicos com modelos BIM.

Palavras-chave IoT; BIM; Forge; sensores; atuadores.

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is present in many industries and enables the communication between devices that exist in human daily life through the Internet. It also provides real-time information about changes in the state of things. Building Information Modeling (BIM) represents an advance for the Architecture, Engineering, Construction and Operation (AECO) sector due to its capability of producing virtual models that come close to reality and promoting greater integration for projects. Despite its widespread use, some of BIM's functionalities are yet to be explored, such as the possible representation of objects' state in real time. This representation can be achieved through its association with the IoT. The purpose of this study is to evaluate the process of integration of physical models with BIM models using IoT and Forge, a platform that expands BIM's functionalities, aiming to develop future applications for AECO. In order to accomplish this evaluation, a system was made using Arduino IDE, ESP8266 board, Firebase, Forge, Revit and electronic circuits. The experiment proved the possibility of connection between both models through a bidirectional flow of data, sending commands to the actuators and collecting data from sensors, therefore achieving its objective of integrating physical models and BIM models.

Keywords IoT; BIM; Forge; sensors; actuators.

1 INTRODUÇÃO

O cenário de inovação e tecnologia tem trazido oportunidades para a construção civil de melhorar processos, produtos e serviços. O interesse do setor é evidenciado pelo avanço em discussões sobre conceitos como a Indústria 4.0 e as Cidades Inteligentes, que se relacionam aos temas Internet das Coisas (IoT) e Modelagem da Informação da Construção (BIM).

A IoT já é uma realidade em outras indústrias e tem como propósito possibilitar a comunicação entre os dispositivos reais ou virtuais que existem no cotidiano humano através da internet. Ela concentra-se em fornecer informações sobre mudanças de status das coisas em tempo real. O alcance da IoT cresceu nos

ARAÚJO, C. S.; BATISTA, A. C. M. S.; LIMA, B. F. C.; FERREIRA, E. A. M. Integração de modelos físicos com modelos BIM utilizando IoT e Forge. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas, SP. **Anais[...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/98

últimos anos em decorrência da oferta de dispositivos de baixo custo no mercado e devido à própria a evolução da internet (THAMES; SCHAEFER, 2016). Um ambiente de IoT pode ser comparado ao sistema nervoso em termos de troca de informações, pois a conexão entre sensores e atuadores que se comunicam em rede sugere a concepção de ambientes inteligentes (ISIKDAG, 2015).

Os sensores são utilizados para detectar, medir e coletar dados sobre o ambiente para que estes sejam processados e transmitidos aos usuários (YICK; MUKHERJEE; GHOSAL, 2008). Os atuadores, por outro lado, são capazes de executar ações para afetar o ambiente emitindo som, luz e ondas de rádio (WHITMORE; AGARWAL; XU, 2015), além de movimentos.

O BIM tem trazido benefícios para a construção civil devido à sua capacidade de produzir modelos virtuais que se aproximam cada vez mais da realidade representada e de promover o desenvolvimento de projetos mais integrados e eficientes (EASTMAN et al., 2011). Os objetos digitais inteligentes enriquecidos em banco de dados BIM fornecem informações preciosas para os envolvidos em um projeto, que é uma atividade baseada no conhecimento (KENSEK, 2014).

Um dos aspectos ainda pouco explorados do potencial do BIM é a possibilidade de lidar com o status de objetos do mundo real em tempo real, o que pode ocorrer através da sua associação ao paradigma da IoT. No contexto do ambiente construído, o modelo BIM pode funcionar como uma interface beneficiada por dados fornecidos através de redes de dispositivos IoT (MACHADO; RUSCHEL, 2018). O BIM pode ter as suas funcionalidades ampliadas a partir do Forge, uma plataforma desenvolvida pela Autodesk que possibilita a integração e a visualização de modelos. O presente estudo tem como objetivo avaliar o processo para integração de modelos físicos com modelos BIM utilizando IoT e Forge, visando o desenvolvimento de futuras aplicações para Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO).

1.1 IoT

A capacidade de gerar impactos no comportamento dos usuários tem impulsionado o rápido crescimento da IoT (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). O termo “Internet das Coisas” foi empregado pela primeira vez por fundadores do grupo de pesquisa Auto-ID Center, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) (SUNDMAEKER et al., 2010). A IoT pode ser definida como:

> Uma infraestrutura de rede dinâmica global com capacidade de autoconfiguração baseada em protocolos de comunicação padrão e interoperabilidade, onde ‘coisas’ físicas e virtuais que possuem identificação, atributos físicos e personalidades virtuais utilizam interfaces inteligentes e são perfeitamente integradas na rede de informação (VERMESAN et al., 2011).

Thames; Schaefer (2016) consideram que a IoT é composta por um conjunto de artefatos físicos associados a sistemas incorporados de mecanismos elétricos, mecânicos, computacionais e de comunicação que permitem a troca de dados via Internet

1.2 BIM

O BIM abrange questões relativas ao compartilhamento de informações, interoperabilidade e colaboração eficiente durante o ciclo de vida das edificações. Atualmente pode ser considerado como o campo mais ativo de pesquisa da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) na construção do mundo (ISIKDAG, 2015). Eastman et al. (2011) definem o BIM como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos associados para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”.

O Forge é uma plataforma que amplia funcionalidades do BIM ao permitir que sejam desenvolvidos aplicativos personalizados e fluxos de trabalho conectados a partir dos dados originais de um projeto. Ele permite incorporar modelos de mais de 50 tipos de formatos de arquivos para serem exibidos no navegador sem a necessidade de instalação de softwares adicionais (AUTODESK, 2018).

1.3 Aplicações

As principais aplicações da integração de modelos físicos e modelos BIM para a AECO estão relacionadas à gestão de cidades inteligentes; representação e análise de dados coletados do ambiente e informações sobre pessoas, materiais e equipamentos ao longo das fases de projeto, construção, operação e

manutenção de edifícios. Referente ao controle da produção, destacam-se as aplicações potenciais apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Aplicações potenciais para o controle da produção em tempo real.

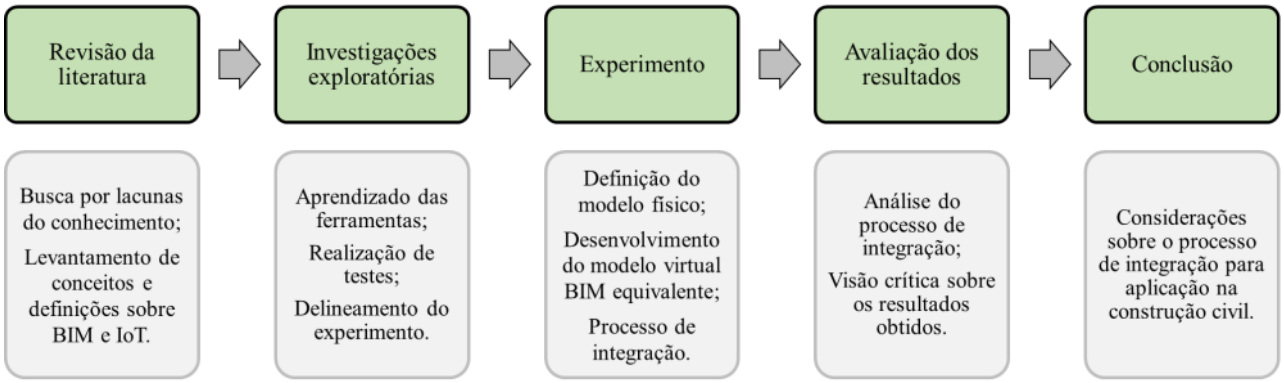
ÁREA	APLICAÇÃO
Gerenciamento da Segurança	Rastrear trabalhadores em áreas perigosas e interações entre mão de obra e equipamentos.
Processamento de Informações, Produtividade e Desperdícios	Rastrear movimentos dos trabalhadores no canteiro e controlar taxas de produtividade e desperdícios de tempo.
Logística de Materiais	Controlar materiais locais e externos.
Informações Baseadas em Localização	Fornecer informações aos gestores em tempo real.

Fonte: Adaptado de Olivieri; Seppänen; Peltokorpi (2017).

2 METODOLOGIA

A estratégia metodológica adotada neste estudo é a pesquisa exploratória e experimental. Seu objetivo principal é o aprimoramento de ideias, possibilitando que diferentes aspectos relativos ao fato estudado sejam considerados (GIL, 2002; MARCONI; LAKATOS, 2008). A Figura 1 representa o delineamento desta pesquisa.

Figura 1: Delineamento da Pesquisa.



Fonte: Autores (2019).

O experimento foi desenvolvido para avaliar o objeto de análise, que é o processo de integração através de conexão via internet (Wi-Fi) entre o ambiente físico e o ambiente virtual BIM. O banco de dados escolhido para armazenar os dados resultantes foi o Firebase Realtime Database, que é do tipo não relacional (NoSQL) e permite flexibilidade na sua estruturação, além de rapidez nas operações. O Firebase é uma combinação dos serviços de nuvem; mensagem instantânea; autenticação e base de dados em tempo real da Google (LI et al., 2018).

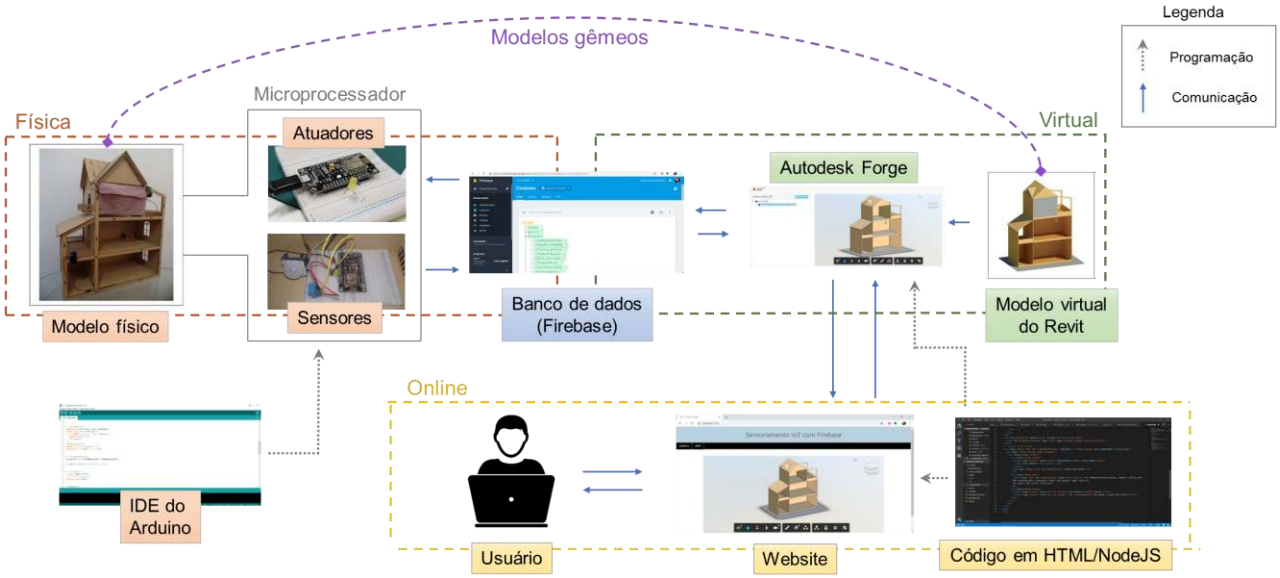
O sistema utilizado no experimento possui componentes físicos e virtuais. O modelo físico caracteriza um típico sistema IoT e consiste de uma maquete de madeira (25x57x20cm); microcontroladores; sensores ou atuadores e seus respectivos circuitos, que se comunicam com o banco de dados. O modelo virtual é representado por uma reprodução em BIM (Revit) do modelo físico; um software para visualização e interação com o usuário (Forge) e o banco de dados. Além disso, o sistema conta com um servidor para hospedagem e criação de um website.

O tipo de placa utilizada foi a ESP8266 NodeMCU, uma plataforma de código aberto para IoT que utiliza o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino, sendo estes microprocessadores similares (CHIEOCHAN; SAOKAEW; BOONCHIENG, 2017). O NodeMCU recebe e envia dados para o banco de dados via Wi-Fi, o qual realiza o armazenamento e a sincronização das informações em tempo real.

O modelo BIM desenvolvido através do Revit foi traduzido e representado localmente no navegador WEB por meio das Interfaces de Programação de Aplicações (APIs) do Autodesk Forge e posteriormente hospedado

no website. Sua conexão com o banco de dados foi estabelecida através de protocolos de comunicação em HTML e NodeJS (utilizando Visual Studio). Assim que a leitura dos sensores físicos é enviada para o Firebase e armazenada, um tratamento dos dados é realizado e esta informação é exibida no próprio modelo por meio de gráficos, textos ou outras representações. De maneira similar, as interações do usuário com o modelo BIM são armazenadas no banco de dados e enviadas para os atuadores do modelo físico, criando um ciclo de informações. O processo geral adotado para integrar os modelos é apresentado na Figura 2.

Figura 2: Integração de modelos físicos com modelos BIM.



Fonte: Autores (2019).

A avaliação deste processo abrangeu as seguintes etapas:

a) LED como atuador: ao clicar no interruptor virtual do modelo no website, desenhado previamente para servir como link de acionamento, o usuário provoca uma mudança de cor no ambiente virtual para representar a iluminação, enquanto o LED real é simultaneamente acionado e ilumina o ambiente físico;

b) Sensor de presença PIR DYP-ME003: para comprovar a característica bidirecional do fluxo de dados uma alteração foi feita na programação do Forge para conectá-lo ao sensor de presença. Assim, uma janela de aviso foi configurada para indicar de forma textual quando o sensor detectar a presença do usuário;

c) Sensor LDR: a coleta de dados com este sensor possibilitou a construção de gráficos em tempo real a partir do sistema. O gráfico demonstra a medição da iluminação de um ambiente residencial em um intervalo total de aproximadamente 8h.

3 RESULTADOS

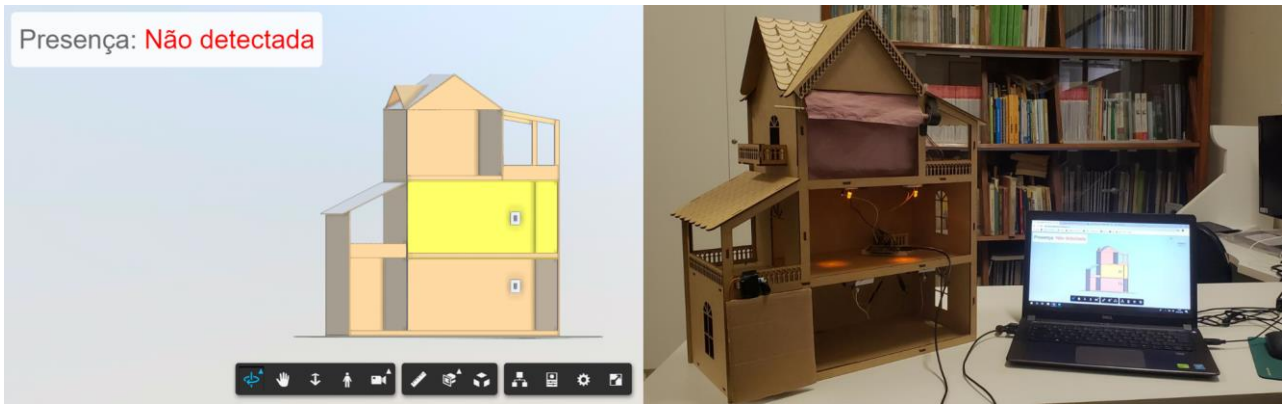
O resultado da etapa (a) do experimento, demonstrado nas Figuras 3 e 4, indica que a ligação entre o modelo virtual e o modelo físico foi bem-sucedida e ocorreu conforme o fluxo indicado anteriormente na Figura 2. Assim, um atuador foi controlado pelo usuário através do website via Wi-Fi e em tempo real.

Figura 3: Etapa (a) - LED apagado.



Fonte: Autores (2019).

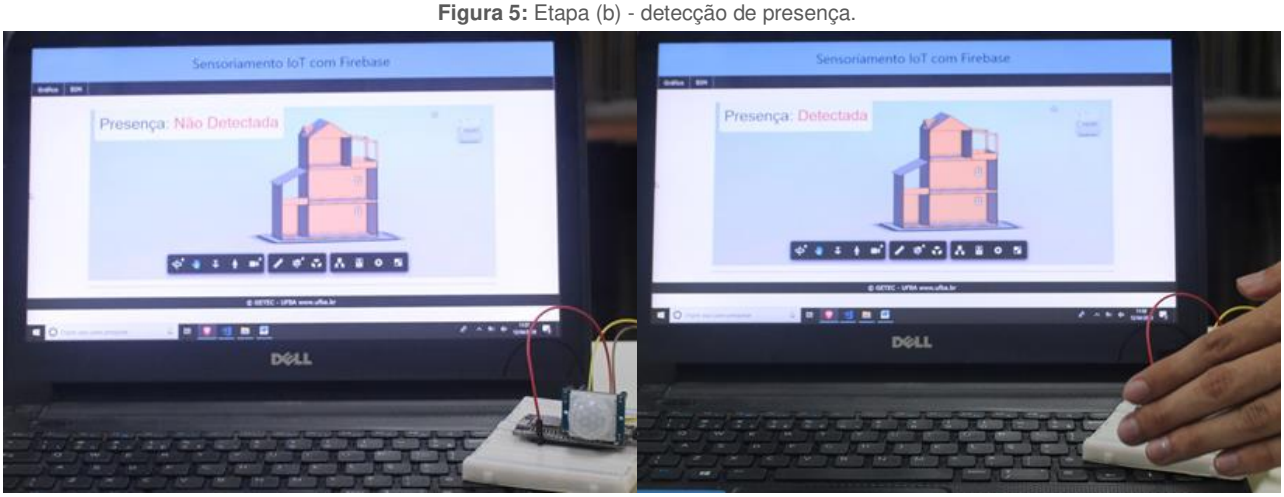
Figura 4: Etapa (a) - LED acesso.



Fonte: Autores (2019).

O resultado da etapa (b), demonstrado na Figura 5, também foi considerado satisfatório, com a leitura em tempo real do sensor de presença sendo corretamente indicada para o usuário no website enquanto o Firebase armazenava os dados.

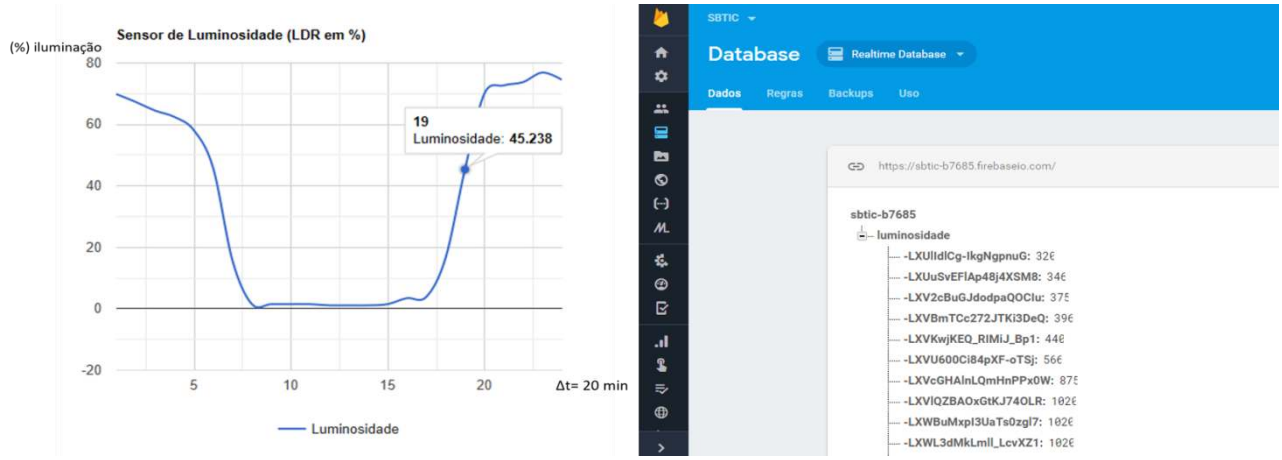
Figura 5: Etapa (b) - detecção de presença.



Fonte: Autores (2019).

O resultado da etapa (c) encontra-se na Figura 6, onde o gráfico demonstra o armazenamento e análise bem-sucedida de uma série de dados obtidos a partir do LDR com o Firebase.

Figura 6: Etapa (c) – gráfico LDR.



Fonte: Autores (2019).

4 DISCUSSÃO

A comunicação indicada no experimento ocorre diretamente com a API do Forge, que contém uma tradução do modelo original do Revit. O Forge é uma plataforma que está em pleno desenvolvimento, portanto, a validação obtida com este estudo é importante para indicar o potencial de uso desta tecnologia como ferramenta para beneficiar a construção civil.

O Forge indica, também, a possibilidade de alterar o modelo diretamente no Revit por meio da API Design Automation, que viabilizaria a criação, extração e modificação de dados no modelo, além da permitir criar um arquivo final compatível com softwares como Dynamo e Revit DB. Entretanto, esta API específica ainda se encontra em versão beta e, por isso, não foi utilizada neste estudo.

Alguns dos principais desafios que foram identificados ao longo do estudo para aplicar a integração em ambientes reais da construção civil estão indicados no Quadro 2.

Quadro 2: Principais desafios identificados.

DESAFIOS	DISCUSSÃO
Alcance da rede sem fio	O alcance e estabilidade da rede devem permitir o bom funcionamento da IoT Teizer et al. (2017) sugere que sejam feitos testes com o padrão LoRaWan. Os padrões de telefonia celular também podem ser uma alternativa adequada.
Escolha dos dispositivos	É necessário testar e avaliar quais dispositivos IoT melhor se adequam às demandas específicas da construção civil em relação à sensibilidade, resistência, durabilidade e o fornecimento de energia.
Gerenciamento dos dados	Ambientes da construção civil geralmente são muito dinâmicos. A aplicação da IoT gera uma grande quantidade de dados. É fundamental que o sistema de armazenamento e gerenciamento destes dados seja bem organizado e eficiente.
Visualização	Para uma melhor visualização é necessário entregar interfaces adequadas para os usuários finais. As informações sobre os dispositivos precisam ser mostradas claramente no modelo para auxiliar a tomada de decisões.

Fonte: Autores (2019)

5 CONCLUSÃO

Apesar de ter sido utilizado um sistema simplificado, o experimento cumpriu com o seu papel de integrar modelos físicos e modelos BIM. A conexão estabelecida é livre de fios, sendo necessário apenas alimentar as placas com 3,3V, e ocorre em tempo real via Wi-Fi. Considerando que é possível realizar um processo análogo para qualquer outro atuador ou sensor e em maior escala, o estudo indica a possibilidade de desenvolvimento de sistemas mais robustos. É importante mencionar que é um sistema de baixo custo.

Sugere-se como temas para futuros estudos a utilização do padrão IFC e o desenvolvimento de aplicações específicas para AECO, conforme apresentado anteriormente, e para Cidades Inteligentes com a integração de BIM, GIS e IoT. Além disso, sugere-se a avaliação da API Design Automation.

AGRADECIMENTOS

À UFBA e ao CNPq pelo apoio financeiro recebido.

REFERÊNCIAS

ATZORI, L.; IERA, A., MORABITO, G. The Internet of Things: a survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p.2787-2805, 2010.

AUTODESK (Org.). **Autodesk Forge**. Disponível em: <https://forge.autodesk.com/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CHIEOCHAN, O.; SAOKAEW, A.; BOONCHIENG, E. IOT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo University. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND SOFTWARE ENGINEERING, 14., 2017, Nakhon Si Thammarat. **Proceedings...** Nakhon Si Thammarat: IEEE, 2017. p. 1-6.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook**: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013. doi: https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010

ISIKDAG, U. BIM and IoT: A Synopsis from GIS Perspective. In: JOINT INTERNATIONAL GEOINFORMATION CONFERENCE, 10., 2015, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur: International Archives of the Photogrammetry, 2015. p. 33-38.

KENSEK, K. M.; NOBLE, D. E. **Building Information Modeling**: BIM in Current and Future Practice. 1. ed. New Jersey: Wiley & Sons, 2014.

LI, W. et al. JustIoT Internet of Things based on the Firebase Real-time Database. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART MANUFACTURING, INDUSTRIAL AND LOGISTICS ENGINEERING, 1., 2018, Hsinchu. **Proceedings...** Hsinchu: IEEE, 2018. p. 43-47.

MACHADO, Fernanda Almeida; RUSCHEL, Regina Coeli. Soluções integrando BIM e Internet das Coisas no ciclo de vida da edificação: uma revisão crítica. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 9, n. 3, p.240-258, 2018. Universidade Estadual de Campinas. doi:http://dx.doi.org/10.20396/parc.v9i3.8650216.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MICROSOFT VISUAL STUDIO (Org.). **Visual Studio Code**, 2018. Disponível em: Acesso em: 20 nov. 2018.

OLIVIERI, H.; SEPPÃNEN, O.; PELTOKORPI, A. Real-time Tracking of Production Control: Requirements and Solutions. In: 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 25., Heraklion. **Proceedings**… Heraklion: IGLC, 2017, p. 671-678. doi:https://doi.org/10.24928/2017/0177.

SUNDMAEKER, H. et al., **Vision and challenges for realising the Internet of Things**, Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, 1.ed. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

THAMES, L.; DIRK SCHAEFER, D. Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. **Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production**, v. 52, p. 12-17, 2016.

TEIZER, Jochen et al. Internet of Things (IoT) for Integrating Environmentaland Localization Data in Building Information Modeling (BIM). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, 34., 2017, Taipei. **Proceedings...** Taipei: Iaarc, 2017. p. 603-609.

VERMESAN, O. et al. Internet of things strategic research roadmap. In: VERMESAN, O.; FRIESS, P. 1.ed. **Internet of Things**: Global Technological and Societal Trends. 1 ed. Aalborg: River Publishers, 2011.

WHITMORE, A.; AGARWAL, A.; XU, L. D., The internet of things - a survey of topics and trends. **Information Systems Frontiers**, v. 17, n. 2, p. 261–274, 2015. doi: https://doi.org/10.1007/s10796-014-9489-2

YICK, J.; MUKHERJEE, B.; GHOSAL, D. Wireless sensor network survey. **Computer Networks**, v. 52, n. 12, p. 2292-2330, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128601003024>. Acesso em 16 abr. 2019.