

12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

ANÁLISE DA INTEROPERABILIDADE DE DADOS DE MONITORAMENTO ESTRUTURAL UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO INTEGRADA A MODELOS BIM

JOÃO ARTHUR C. Y. DE PAULA^{1,3}, RAPHAEL S. SPOZITO^{1,3}

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia Civil, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Votuporanga, joao.y@aluno.ifsp.edu.br

² Professor orientador, Mestre em Engenharia Civil, IFSP Câmpus Votuporanga, rspozito@ifsp.edu.br

³ Participantes do GPAI - Grupo de Pesquisa em Automação e Inovação

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.01.02-6 Processos Construtivos

RESUMO: O BIM é um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, possibilitando a interoperabilidade com as diversas áreas durante a fase de projeto e construção. Apesar dos benefícios do uso integrado de sistemas de monitoramento estrutural com modelos BIM, algumas lacunas ainda não estão preenchidas para descrição do sistema, principalmente no que tange a descrição padronizada dos sistemas de monitoramento (sensores, topologia e dados). Este estudo compreende a implementação do processo de interoperabilidade de informações de um sistema DAQ (*Data Acquisition* – Aquisição de Dados), desenvolvido em estudo anterior com um microcontrolador integrado a um sensor de deformação (*strain gauge*), para um modelo tridimensional BIM. A análise do processo de descrição, coleta, armazenamento e interoperabilidade das informações com padrão IFC para um modelo BIM é o principal objetivo desse projeto. A comunicação (transferência de dados) via rede sem fio do sistema DAQ e do software Autodesk Revit utilizados é eficaz, entretanto, a conversão de/para o formato de arquivo ainda necessita de implementações, as quais são objetos de análise para este estudo.

PALAVRAS-CHAVE: monitoramento estrutural; arduino; interoperabilidade; bim; ifc; aquisição de dados.

ANALYSIS OF STRUCTURAL HEALTH MONITORING DATA INTEROPERABILITY USING THE ARDUINO PLATFORM INTEGRATED WITH BIM MODELS

ABSTRACT: BIM is an associated set of processes for producing, communicating and analyzing building models, enabling interoperability with different areas during the design and construction phase. Despite the benefits of the integrated use of structural monitoring systems with BIM models, some gaps are still not filled for the description of the system, especially regarding the standardized description of the monitoring systems (sensors, topology and data). This study comprises the implementation of the information interoperability process of a DAQ (*Data Acquisition*) system, developed in a previous study with a microcontroller integrated to a strain sensor (*strain gauge*), for a three-dimensional BIM model. The analysis of the process of description, collection, storage and interoperability of information with IFC standard for a BIM model is the main objective of this project. The communication (data transfer) via wireless network of the DAQ system and Autodesk Revit software used is effective, however, the conversion to/from the file format still needs implementations, which are objects of analysis for this study.

KEYWORDS: structural health monitoring; arduino; interoperability; building information modeling; industry foundation classes; data acquisition system.

INTRODUÇÃO

Quando a estratégia tecnológica BIM (*Building Information Modeling*) é integrada com sistemas de monitoramento estrutural (SHM – *Structure Health Monitoring*), essa possibilita a identificação dos

elementos com possíveis danos, atribuindo das informações dos sensores para seus elementos (VALINEJADSHOUBI, BAGCHI e MOSELHI, 2019), auxiliando na manutenção das edificações por meio de uma melhor interpretação de dados e da identificação de sensores com defeito, facilidade possibilitada pelos modelos tridimensionais do BIM (DELGADO, BUTLER, et al., 2018).

Apesar dos benefícios dessa integração, tal estratégia ainda necessita de implementações (DELGADO, BUTLER, et al., 2018), sendo um agravante o formato de arquivo IFC (*Industry Foundation Classes*), o qual dificulta a padronização das informações entre programas com BIM por não permitir uma descrição total do SHM (THEILER e SMARSLY, 2018).

A transferência de dados entre o SHM e o modelo do BIM o uso de microcontroladores pode ser adotado com um sistema aquisição de dados (DAQ - *Data Acquisition*), com possibilidade de comunicação por redes sem fio para envio de informações para armazenamento em banco de dados (VALINEJADSHOUBI, BAGCHI E MOSELHI, 2019), senso possível, como o uso de rotinas computacionais, a integração dos dados com modelos BIM.

Assim, esse trabalho busca a análise da interoperabilidade com padrão IFC de tais informações por meio da comunicação sem fio do sistema de aquisição, com o software Autodesk Revit, por meio dos recursos de programação da plataforma Dynamo.

MATERIAL E MÉTODOS

A respeito da descrição de sensores, segundo Smarsly e Tauscher (2016), pela versão 4 do IFC muitos sensores podem ser descritos de forma compatível. Entretanto, existe a ausência da disponibilidade de descrição dos extensômetros específicos, tais como os laminares. Os mesmos autores (2018) apresentam uma proposta semântica para a definição dos sistemas de monitoramento estrutural, apresentando quais classes devem ser introduzidas, quais capacidades de parâmetros deve cada classe receber, e como elas se estruturam em hierarquia, suas relações e interdependências dentro de um arquivo (Figura 1).

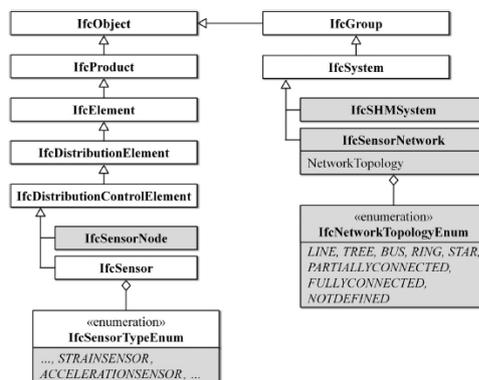


Figura 1 Proposta de descrição de sistemas de monitoramento estrutural.

Fonte: Smarsly e Theiler (2018, p. 58).

Ao estudar o sistema de aquisição de dados (DAQ) elaborado na pesquisa anterior, foi revisada a montagem do módulo amplificador com o uso de um HX711 integrado com uma ponte de Wheatstone do protótipo construído no estudo anterior, assim como a estrutura de set adaptado para as medições e a programação do software a ser executado por meio da Arduino IDE. Para isso, foi realizada a diagramação do circuito utilizando o software Fritzing, na sua versão 0.9.6, o que possibilitou uma nova montagem do módulo (Figura 2). Tal ação teve como consequência uma melhor estabilidade dos dados coletados, minimizando a variação em função do uso de protoboards, além de ser integrado um sensor de temperatura próximo ao chip do módulo HX711.

Utilizando o serviço de computação na nuvem Google Cloud, foi possível criar um banco de dados MySQL para armazenar os valores de captura do DAQ.

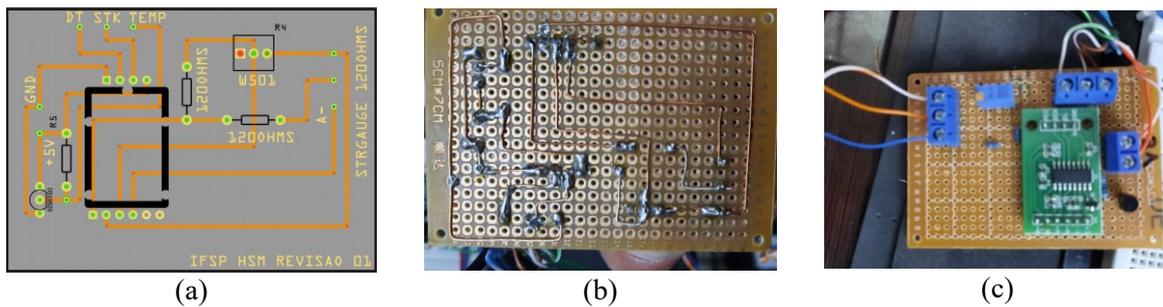


Figura 2 Diagramação do módulo amplificador (a) e soldagem de componentes: frente (b) e verso (c).

Fonte: autores.

Com o uso do software Autodesk Revit, em sua versão 2022, voltadas à interoperabilidade com o DAQ, especialmente quanto à transferência de informações, os recursos da plataforma de programação visual Dynamo foram cabíveis ao atender às necessidades de comunicação com o banco de dados, visto que possui suporte a outras linguagens de programação e suas tecnologias, tais como Python, que permite a leitura e gravação de dados. Como resultado principal é indicado a implementação no Dynamo na (Figura 3.a).

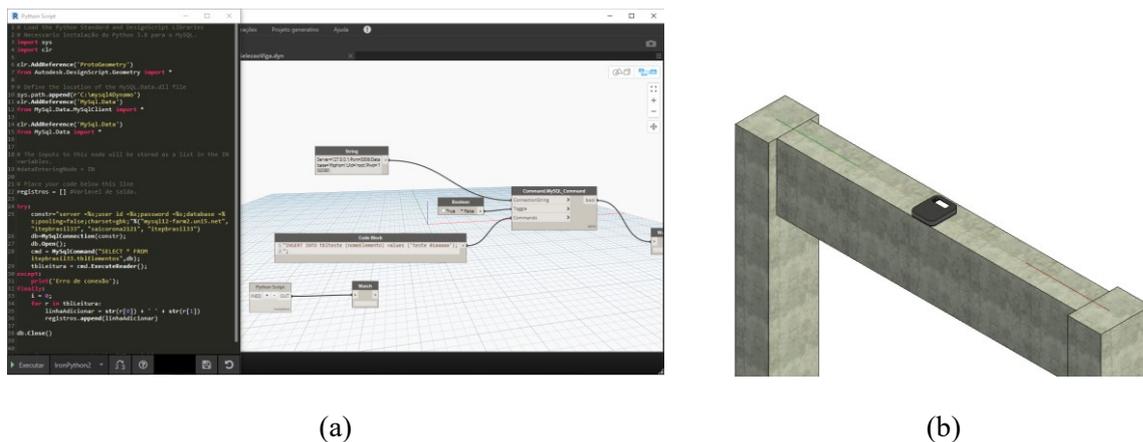


Figura 3. Implantação da linguagem (a) Dynamo e (b) sensor virtual modelado.

Fonte: autores.

Também no Autodesk Revit foi criada uma família com propriedade de hospedagem para representar virtualmente o protótipo com atribuição de um parâmetro de projeto, permitindo o seu mapeamento no arquivo IFC vinculado ao sensor, por meio de um arquivo de descrição de conjunto de propriedades (*Property Set*). Para o teste de conversão, foi constituído em projeto uma viga biapoada, e aderido à sua face superior uma unidade da família do protótipo (Figura 3.b).

Com o projeto modelado, foi adicionado um parâmetro de projeto voltado aos equipamentos especiais, denominado inicialmente como “Deforma” (evitando conflito entre caracteres especiais durante a conversão), de disciplina comum (para todas as categorias de projetos), de tipo texto, estando configurado sobre o grupo dos Parâmetros IFC.

Para converter um parâmetro criado após a modelagem (durante a exportação), foi escrita uma tabela simples em arquivo de texto (.txt), contendo a seguinte estrutura apresentada na Figura 4.

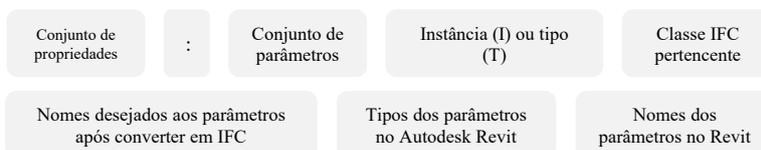


Figura 4 Estrutura (sintaxe) do arquivo de conversão (Revit para IFC).

Fonte: autores.

Quanto à pré-configuração de exportação entre os formatos de arquivos (do arquivo de projeto Revit para IFC), pelo fato do software da Autodesk não possuir uma categoria de elementos voltada ao sensoriamento, estando definida a família do protótipo como equipamento especial, nas opções de conversão de arquivos desse software para IFC foi necessário ajustar a categoria para a classe *IfcSensor* e seu tipo (*IfcSensorTypeEnum*) correspondente. Da mesma forma, para que ocorresse a conversão inversa, em caso de necessidade, bastou alinhar as opções de abertura de arquivo, de modo a interligar novamente a categoria (equipamento especial) com a classe de IFC.

Com tudo preparado, foi realizada a conversão e aberto o arquivo IFC para investigação da sintaxe do arquivo, a fim de localizar e entender os trechos que descrevem os parâmetros e o protótipo na modelagem. E com o foco no parâmetro “Deforma”, foi investigado em quais classes esse foi utilizado e de quais entidades essas classes possuem dependência.

E ao se tratar da implementação do módulo de comunicação via rede sem fio, foi utilizando o componente Node MCU ESP8266 sob controle de um Arduino Nano para efetuar o envio da informação a um servidor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre o estudo do sistema DAQ, os componentes foram soldados de forma eficaz, e o sensor laminar (*strain gauge*) apresenta uma captura de dados sem grandes variações, mas ainda sim presentes provavelmente por conta da variação de temperatura. Além disso, a comunicação por rede sem fio com o banco de dados ocorreu de forma efetiva, tanto no projeto (com Dynamo) quanto para o protótipo (DAQ), esse apresentado na Figura 5.

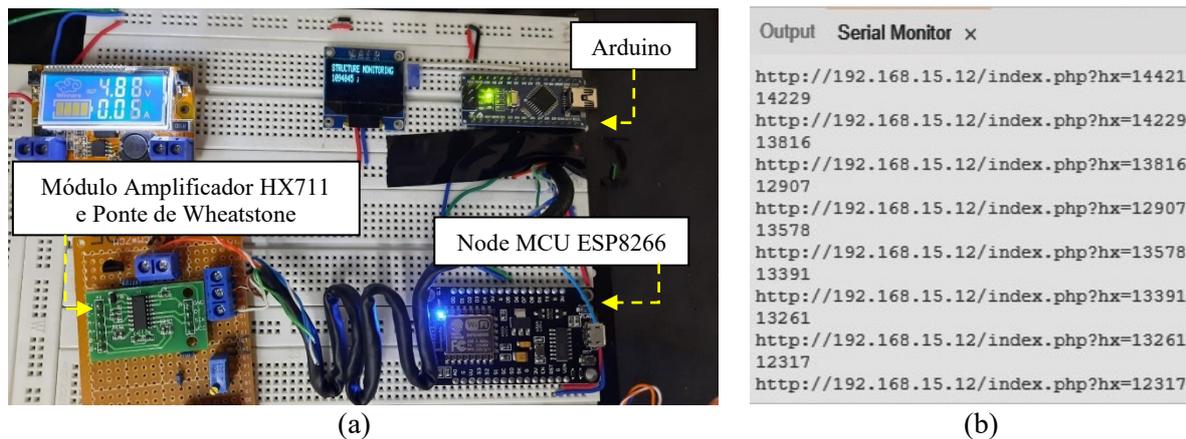


Figura 5. Componentes do DAQ (a) com URL de serviço para inclusão de dados de deformação (b).
Fonte: autores.

A conversão dos valores, parâmetros e categorias de elementos foi efetuada de modo eficaz na qual a estrutura do arquivo de conversão do parâmetro “Deforma” do Autodesk Revit para IFC é exibida a seguir pela Figura 6.

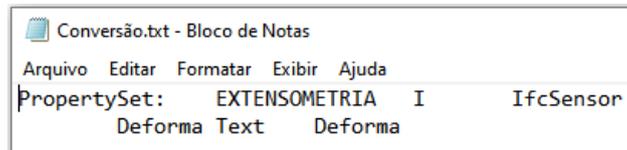


Figura 6. Arquivo para conversão de parâmetro para IFC

Fonte: autores.

É afirmável o fato de haver um modo eficaz de interoperabilidade entre os sensores descritos em projetos digitais e arquivos IFC. No entanto, como objetivo, ainda será estudada a possibilidade de uma transferência simultânea de dados padronizados em formato IFC, com foco na padronização deste formato.

CONCLUSÕES

Quanto ao desígnio da análise sobre a interoperabilidade de dados geométricos e de parâmetros (utilizáveis para monitoramento) com o padrão IFC, as conversões entre os formatos de arquivo foram eficazes. Entretanto, é válido ressaltar o fato de que se houver a necessidade de converter um arquivo no qual estejam instalados equipamentos especiais de utilidade não sensorial, essa técnica de conversão se torna falha, tornando necessária a elaboração de estratégias para essa conversão particular, seja ao realizar mais de uma conversão e interseção de projetos convertidos ou por qualquer outro estratagema.

Já do objetivo de realizar a comunicação sem fio, enviando os dados de deformação do sistema DAQ para o banco de dados, esses sendo consultados pelo software Autodesk Revit, com o uso da plataforma Dynamo, a execução mostrou-se eficaz, com envio de informações ocorrente com êxito.

E ao se tratar da interoperabilidade entre softwares e hardware para que haja transferência de dados de parâmetro, bem como conversões eficientes de/para arquivos de formato IFC, ainda há a necessidade de implementações no que diz respeito ao monitoramento estrutural, por conta de os softwares não fornecerem o suporte por completo a sensores mais específicos. Contudo, já existem pesquisas focadas no preenchimento dessas lacunas, visto que todas já foram identificadas, o que move este trabalho para a análise dessas implementações.

Ressalta-se o fato de que este estudo possui como objetivo final a transferência de dados e a conversão entre formatos de arquivos para com o IFC de forma eficaz, o que se estenderá ao longo desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AUTODESK. **AUTODESK KNOWLEDGE NETWORK**, 2018. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/simplecontent/content/conhe-C3-A7a-ferramenta-dynamo-da-autodesk-e-saiba-como-funciona.html>>. Acesso em: 26 out. 2020.
- AUTODESK, 2020. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-htm.html>>. Acesso em: 26 out. 2020.
- BUILDING SMART. Index of /IFC. **Building Smart**, 2020. Disponível em: <<https://standards.buildingsmart.org/IFC/>>.
- DELGADO, J. M. D. et al. Structural Performance Monitoring Using a Dynamic Data-Driven BIM Environment. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 32, n. 3, fev. 2018. ISSN ISSN 0887-3801.
- FERREIRA, B. F. V.; MARTINS, J. P. S. P. Aplicação de Conceitos à Instrumentação de Estruturas. **Faculdade de Engenharia Universidade do Porto**, Julho 2021.
- SMARSLY, K.; TAUSCHER, E. Monitoring information modeling for semantic mapping of structural health monitoring, 2016.
- SMARSLY, K.; THEILER, M. IFC Monitor – An IFC schema extension for modeling structural health. **Elsevier - Advanced Engineering Informatics**, 2018.
- THEILER, M.; SMARSLY, K. IFC Monitor - An IFC schema extension for modeling structural health monitoring systems. **Advanced Engineering Informatics**, n. 37, p. 54-65, May 2018. ISSN ISSN 1474-0346.
- VALINEJADSHOUBI, M.; BAGCHI, A.; MOSELHI, O. Development of a BIM-Based Data Management System for Structural Health Monitoring with Application to Modular Buildings: Case Study. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 33, n. 3, May 2019.
- VILUTIENE, T. et al. Building Informatin Modelin (BIM) for Structural Engineering: A Bibliometric Analysis of the Literature. **Advances in Civil Engineering**, 2019.
- ZHANG, Y.; BAI, L. Rapid Structural condition assessment using radio frequency identification (RFID) based wireless strain sensor. **Automaction i Construction**, v. 54, p. 1-11, 2015. ISSN ISSN 0926-5805.