

SUORTE DE BASE DE DADOS RELACIONAL PARA APROVEITAMENTO DO IFC NO ENERGYPLUS¹

FERREIRA, S. L., Universidade de São Paulo, email: sergio.lead@usp.br

ABSTRACT

This work presents a proposal to the relational database support for IFC appropriate in EnergyPlus. This is a major topic to help interoperability between Building Information Modeling and a wide popular and open Simulation Program.

Keywords: IFC, EnergyPlus, Building Information Model, Building Energy Model.

1 INTRODUÇÃO

Aproveitar os dados já inseridos em um projeto para que simulações sejam realizadas com o mínimo de acréscimos, centrando-se em definições específicas, é um objetivo perseguido por projetistas que percebem a necessidade de incrementar os seus projetos, aumentando o seu desempenho. Isso significa dinamizar ao máximo o processo e tirando o maior proveito das atuais possibilidades computacionais. No que diz respeito à simulação e avaliação termo-energética, algumas ferramentas computacionais contemplando essa demanda têm surgido de forma mais próxima do usuário final, como o Autodesk Green Building Studio (<https://gbs.autodesk.com/GBS>), o Sefaira (<http://sefaira.com>), o HoneyBee (<http://www.ladybug.tools/honeybee.html>), o Simergy (https://d-alchemy.com/html/products/DAProducts_Simergy.html) ou DesignBuilder (<https://www.designbuilder.co.uk/>). No entanto, essas ferramentas, em geral, estão muito vinculadas a um determinado desenvolvedor ou a versões específicas dos aplicativos envolvidos.

Generalizar esse processo, deixando-o também o mais aberto e transparente possível, é o objetivo fundamental desse trabalho. Como consequência, ao demonstrar o caminho percorrido, procura-se também informar ao público as reais dificuldades e desafios que alguns desenvolvedores de aplicativos não deixam muito claro ao oferecerem suas soluções.

Um primeiro passo é procurar um caminho para levar todos os dados possíveis de um modelo BIM (Building Information Model) para o modelo BEM (Building Energy Model) em uma passagem do tipo exportação/importação. Aparentemente, a meta ideal seria uma integração total e interativa, de modo a que as modificações fossem automaticamente percebidas, tanto de um lado quanto de outro do sistema de simulação energética, e nas duas vias. No entanto, essa meta, em geral, aplica-se mais a uma ferramenta comercial, que possui total controle das funcionalidades dos dois programas de

¹ FERREIRA, S. L. Suporte de base de dados relacional para aproveitamento do IFC no EnergyPlus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

modelagem. Além disso, do ponto de vista de uma pesquisa feita no âmbito de uma universidade, com equipe, recursos de tempo, equipamento e pessoal limitados, quando comparados a uma grande desenvolvedora de softwares, entende-se que a prioridade é empreender uma tarefa de produzir a estrutura necessária para o benefício mais imediato do público. O público são os outros pesquisadores e projetistas engajados nesse tipo de pesquisa, que são capazes de dar continuidade ao trabalho aproveitando o que foi feito. Este público ajuda em um primeiro momento discutindo a proposta e, em um segundo momento, contribuindo para validá-la.

Nesse contexto, os modelos BIM e BEM devem ser os mais abertos e disponíveis quanto possível, para que a finalidade de permitir desenvolvimentos futuros seja verdadeiramente uma realidade. Portanto, com esse critério em mãos, nessa pesquisa o modelo BIM adotado foi o proposto pela BuildingSmart, o modelo IFC (Industry Foundation Classes) (BUILDINGSMART, 2016), e para o BEM foi adotado o modelo do Energy Plus (NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, 2018) representado pelo arquivo IDF (Input Data File). Além do IDF, a estrutura de dados do EnergyPlus contempla também um dicionário de dados (Input Data Dictionary - IDD).

Outra necessidade do projeto foi estabelecer uma base de dados também padronizada na qual os modelos seriam mapeados. Nesse caso utilizou-se a abordagem relacional de banco de dados, com a linguagem SQL como suporte. Para a construção do banco de dados relacional foi necessário mapear as duas estruturas e relacioná-las entre si, para que os dados pudessem ser cuidadosamente guardados, perfeitamente controlados e primariamente validados.

2 IDD e IDF

Para produzir essas duas estruturas de banco de dados, o trabalho consistiu em interpretar a estrutura do IDD e do IDF conforme a descrição resumida a seguir.

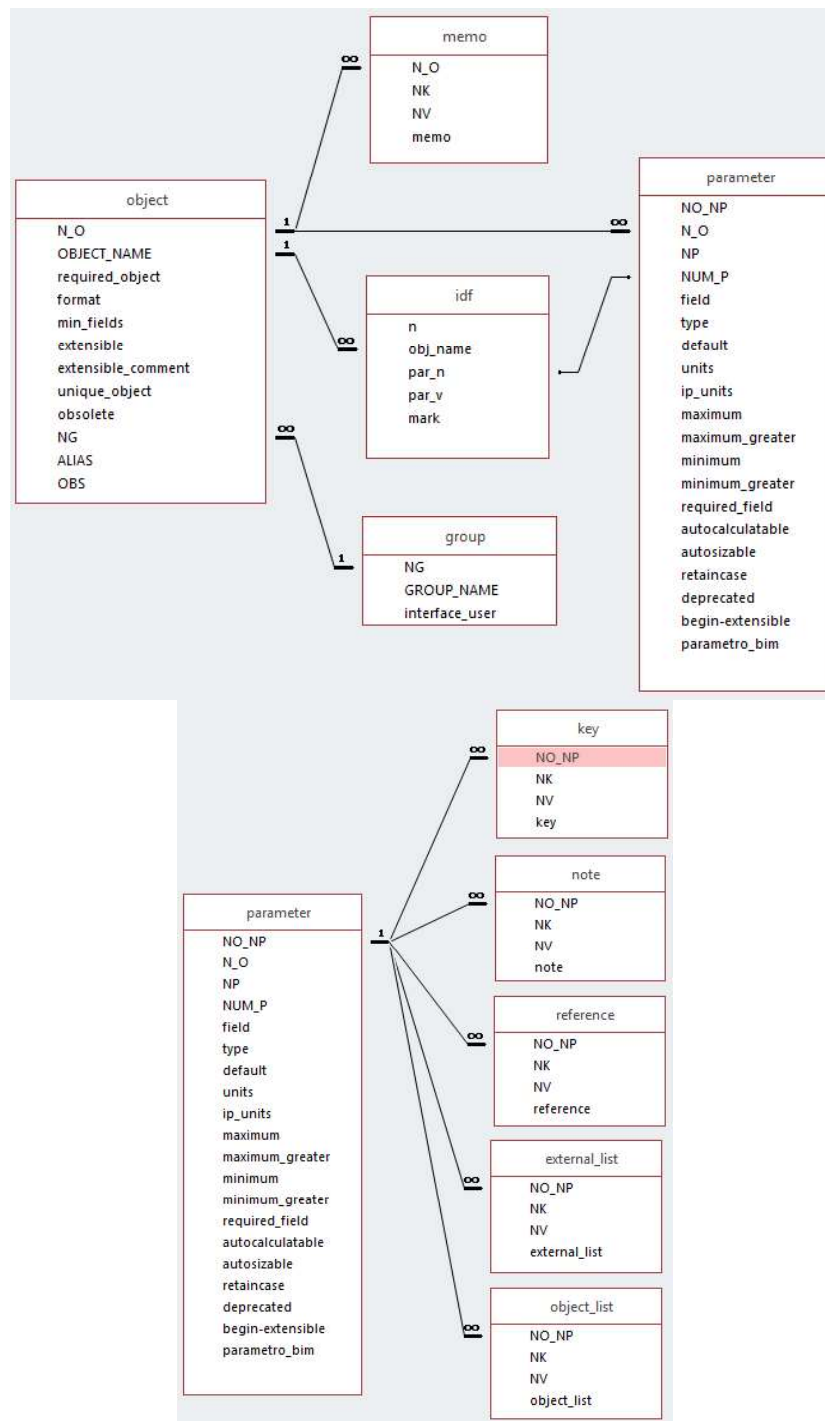
Transformou-se, através da elaboração de um programa de leitura, particionamento e escrita, cada uma das definições do IDD em tabelas: group, object, parameter, object list, reference, memo, note, external list e key. Essas tabelas foram relacionadas entre si e reproduziu-se a estrutura de dados apresentada no arquivo *Energy+.idd* de forma a ser possível manipular via linguagem padronizada SQL (Structured Query Language).

Para garantir o relacionamento correto entre objetos e parâmetros, um novo campo de código de parâmetro foi criado, uma vez que o código previsto no *Energy+.idd* não contemplava a ordem em que os parâmetros apareciam no objeto e isso será relevante posteriormente.

Para o IDF também foi elaborado um programa de leitura, particionamento e escrita, onde os dados de objetos e parâmetros foram guardados criteriosamente de modo a permitir o relacionamento com as tabelas do dicionário de dados. A Figura 1 ilustra as tabelas do banco de dados, a

cardinalidade e o relacionamento entre elas.

Figura 1: Relacionamento entre as tabelas do IDD e IDF



Fonte: O autor.

3 EXP e IFC

A estrutura do IFC contempla também um dicionário de dados que possui uma versão na linguagem EXPRESS (arquivo .EXP) (Figura 2) e uma descrição dos dados do modelo usando a estrutura física do arquivo STEP (Standard for the Exchange of Product model data) de acordo com a ISO10303-21 (arquivo .IFC) (Figura 3). Com relação ao dicionário de dados, existe uma segunda

opção em XML (XSD), mas considerou-se mais prático optar pela abordagem EXP (linguagem original – ISO Express).

Figura 2: Trecho do arquivo .EXP do IFC

```
SCHEMA IFC4;

TYPE IfcStrippedOptional = BOOLEAN;
END_TYPE;

TYPE IfcAbsorbedDoseMeasure = REAL;
END_TYPE;

TYPE IfcAccelerationMeasure = REAL;
END_TYPE;

TYPE IfcAmountOfSubstanceMeasure = REAL;
END_TYPE;

TYPE IfcAngularVelocityMeasure = REAL;
END_TYPE;

TYPE IfcArcIndex = LIST [3:3] OF IfcPositiveInteger;
END_TYPE;
```

Fonte: O autor.

Figura 3: Trecho do arquivo .IFC

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView]'), '2:1');
FILE_NAME('0001', '2011-05-05T12:10:27', (''), (''), 'Autodesk Revit
Architecture 2011 - 1.0', '20100326_1700', '');
FILE_SCHEMA(('IFC2X3'));
ENDSEC;
DATA;
#1=IFCORGANIZATION($, 'Autodesk Revit Architecture 2011', $, $, $);
#2=IFCAPPLICATION(#1, '2011', 'Autodesk Revit Architecture 2011', 'Revit');
#4=IFCCARTESIANPOINT((0., 0.));
#5=IFCDIRECTION((1., 0., 0.));
#10=IFCDIRECTION((0., 0., -1.));
#11=IFCDIRECTION((1., 0.));
#12=IFCDIRECTION((-1., 0.));
#13=IFCDIRECTION((0., 1.));
#14=IFCDIRECTION((0., -1.));
#15=IFCSIUNIT(*, .LENGTHUNIT., $, .METRE.);
#16=IFCSIUNIT(*, .AREAUNIT., $, .SQUARE METRE.);
```

Fonte: O autor.

Como a meta inicial é importar o IFC, concentrou-se a atenção em interpretar o EXP e formatar a entrada IFC, sem a preocupação em guardar ou validar os dados. Entende-se que o trabalho de guardar e validar os dados IFC seja de responsabilidade do modelador original. Em outras palavras, o IFC resultante da exportação de um programa modelador, Autodesk Revit, por exemplo, é responsabilidade do desenvolvedor desse programa.

O modelo IFC (versão IFC4 Add2) contém os seguintes elementos:

- Defined types (130)
- Enumeration types (207)
- Select types (60)
- Entities (776)
- Functions (47)

- Rules (2)
- Property sets (413)
- Quantity sets (93)
- Individual properties (1694)

Esses elementos são utilizados ao longo do modelo compondo tanto os dados quanto as regras de consistência e possibilidades de relacionamento entre os objetos. Para esse trabalho, como já explicado, interessam particularmente aqueles que guardam dados (seus valores, tipos e unidades). No entanto, é muito difícil ter uma ideia exata de quais seriam esses elementos prioritários sem entender a estrutura mais completa do IFC. Isso porque é preciso pensar em como será a busca pelo identificador e valor de um determinado elemento de interesse para o BEM. Por isso, a estratégia de trabalho foi começar com os elementos mais simples, garantindo uma leitura correta do valor, independentemente de sua imediata utilização. Depois disso, procurou-se verificar como a lógica de obtenção dos dados pode ser aproveitada nos elementos mais complexos, para então dar o próximo passo.

4 DEFINED TYPES

Criou-se uma tabela Type com os dados referentes ao nome (type name), tipo de variável (type type), modo de armazenamento e tamanho/quantidade de dados armazenados (size), além do campo referente à linha do EXP e um código identificador único para o banco de dados.

5 ENUMERATION TYPES E SELECT TYPES

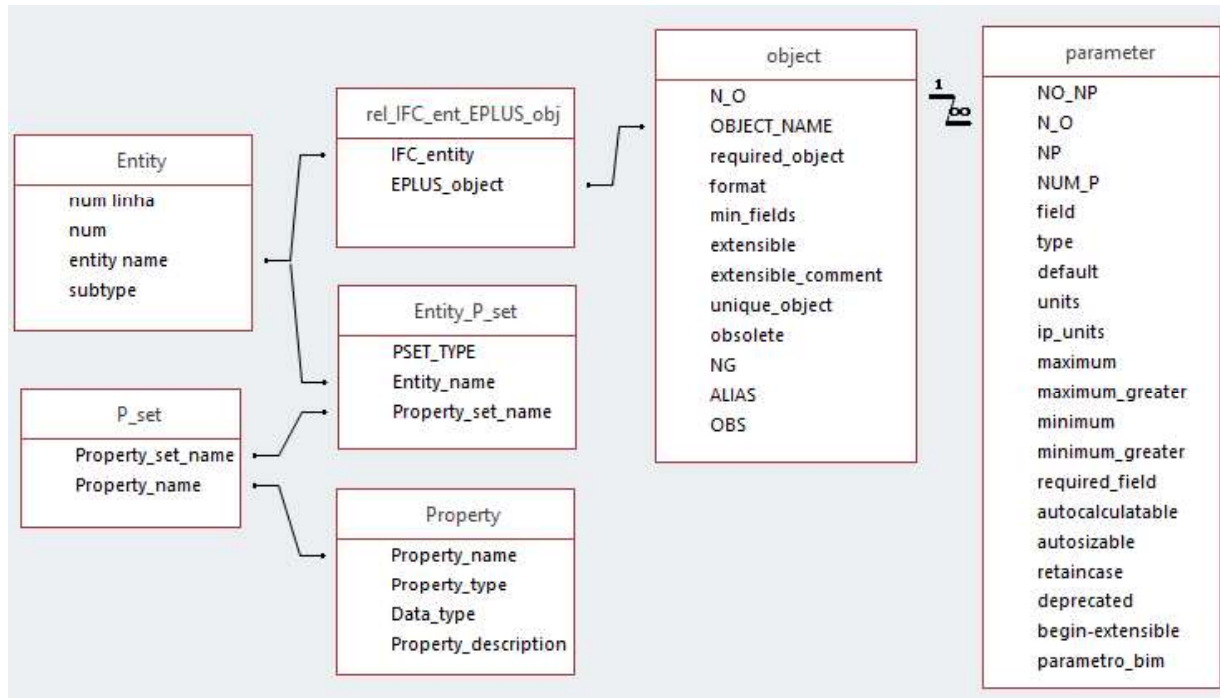
Para uma referência mais simples no banco de dados, esses dois tipos de dados foram agrupados na mesma tabela, e a distinção entre eles se deu por um campo identificador nesta tabela, chamada então de "Type options" e na tabela "Type".

6 ENTITIES

Há uma complexidade maior nesses elementos. Até o momento, somente os dados relacionados o subtype foram particionados. Embora seja uma tarefa a ser completada, esses dados são suficientes para empreender uma nova funcionalidade na base de dados que é a vinculação de objetos do EnergyPlus com entidades do IFC. Sendo assim, uma tabela de relacionamento foi criada de modo a efetivar essa ligação. Essa tabela tem que ser criteriosamente preenchida e para isso é preciso consultar detidamente a documentação dos dois modelos. São 727 objetos (EnergyPlus) e 776 entidades (IFC), mas nem todos eles possuem uma relação que interessa ao trabalho. O caminho que foi considerado mais efetivo para completar essa tabela foi a identificação na tabela do EnergyPlus dos objetos que se beneficiariam de dados advindos do modelo IFC e a busca na respectiva tabela do IFC da entidade correspondente. Esse é um trabalho que está em andamento e que exige um estudo muito cuidadoso, incluindo consultas a

especialistas, pois é o núcleo do sistema. O relacionamento entre os parâmetros do EnergyPlus e das propriedades do IFC decorrerão do perfeito relacionamento desses elementos.

Figura 4 : Relacionamento E+ IFC



Fonte: O autor.

7 FUNCTIONS, RULES, PROPERTY SETS, QUANTITY SETS

Próximo passo será desenvolver esses elementos. Functions, Rules, Property sets, Quantity sets são consequências naturais do trabalho com Type e Entity, por isso foram estrategicamente deixados para depois. Também é possível que nem cheguem a ser necessários para o foco do desenvolvimento desta pesquisa, uma vez que tratam de catalogações e agregações que não são incorporadas ao EnergyPlus. Mesmo assim, estudos serão realizados para verificar exatamente o seu potencial.

8 INDIVIDUAL PROPERTIES

As propriedades estão vinculadas às entidades do IFC através de relacionamentos e boa parte das propriedades está agrupada em conjuntos de propriedades (Property Sets). Essas propriedades não estão descritas no arquivo EXP. Por isso, foi necessário criar um conjunto de tabelas que estruturaram no ambiente do banco de dados as definições apresentadas pelo BuildingSmart Data Dictionary, ilustrado na Figura 5.

Figura 5 : Imagem do BuildingSmart Data Dictionary relacionada ao conjunto de

propriedades voltado para janelas



buildingSMART Data Dictionary

Official IFC Property Set

Ifc4

Pset_WindowCommon

from buildingSMART Data Dictionary

Name	Value
properties	<ul style="list-style-type: none"> • ThermalTransmittance • HasSillInternal • IsExternal • Status • FireRating • GlazingAreaFraction • AcousticRating • Reference • HasDrive • HasSillExternal • Infiltration • FireExit • SecurityRating • SmokeStop
ifcName	Pset_WindowCommon
ifcVersion	2x4
ifcDefinition	Properties common to the definition of all occurrences of Window.
Applicability	undefined
ApplicableClasses	IfcWindow
ApplicableTypeValues	IfcWindow
Guid	2YCHW0qXWHuO00025QrE\$V

• Official PSD format

Fonte: BuildingSmart

9 CONCLUSÃO E PRÓXIMOS PASSOS

A estrutura está completa e os dados estão sendo inseridos no banco de dados de modo a contemplar todos os objetos e parâmetros possíveis. Em seguida testes serão feitos com modelos de baixa, média e grande complexidade, analisando a efetividade da proposta. A lógica da proposta está lançada e aberta a contribuições de outros pesquisadores. Esse tipo de desenvolvimento ainda não é muito comum no Brasil, mas, aos poucos, percebe-se o interesse e a formação de pesquisadores habilitados nessa temática. Isso é estimulante, pois a tarefa é grande e toda contribuição é muito bem-vinda.

Em paralelo a esse trabalho tem surgido a possibilidade de uso de uma

estrutura de banco de dados diferente da relacional. Há diversas vantagens relacionadas a isso, especialmente por causa da natureza dos modelos envolvidos. Orientação a objetos, consultas não estruturadas, banco de dados NoSQL aparecem como alternativas interessantes ao esquema relacional que muitas vezes fica limitado a uma estrutura mais rígida (OBJECTDB SOFTWARE, 2018; SOLIHIN; EASTMAN, 2016; GERRISH *et al.*, 2017, MA; SACKS, 2016). Estudos serão realizados nesse sentido para procurar alternativas mais eficientes para o mapeamento de estruturas de dados complexas como aquelas manipuladas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

BUILDINGSMART. IFC4 Add2 - Addendum 2 [Official]. **IFC4**, 2016. Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/>>. Acesso em: março 2018.

GERRISH, Tristan; RUIKAR, Kirti; COOK, Malcolm; JOHNSON, Mark; PHILLIP, Mark; LOWRY, Christine. BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential. **Energy and Buildings**, v. 144, p. 218-228, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.032>>. Acesso em: março 2018.

MA, Ling; SACKS, Rafael. A Cloud-based BIM Platform for Information Collaboration. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 33., Auburn. **Proceedings ...** Auburn: IAARC, 2016. <https://doi.org/10.22260/ISARC2016/0070>

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. Documentation. **EnergyPlus**. 2018. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. Acesso em: março 2018.

OBJECTDB SOFTWARE. Features. **ObjectDB**, 2018. Disponível em: <<http://www.objectdb.com/database/features>>. Acesso em: março 2018.

SOLIHIN, Wawan.; EASTMAN, Charles M. A Simplified BIM Model Server on a Big Data Platform. In: CIB W78 CONFERENCE APPLICATIONS OF IT IN THE ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION INDUSTRY, 33., Brisbane. **Proceedings ...** Delft:CIB, 2016.