Ensaio de interoperabilidade entre Revit® e Archicad®: arquitetura e hidrossanitário associados

Interoperability essay between Revit® and Archicad®: architecture and hydrosanitary associated

Iago Piccello
Universidade Federal de Uberlândia | Uberlândia-MG | Brasil | iagopiccello@ufu.br
Luísa Lopes de Freitas Guilherme
Universidade Federal de Uberlândia | Uberlândia-MG | Brasil | luisa.guilherme@ufu.br
Matheus Alves Dariva
Universidade Federal de Uberlândia | Uberlândia-MG | Brasil | darivabim@gmail.com
Ana Carolina Fernandes Maciel
Universidade Federal de Uberlândia | Uberlândia-MG | Brasil | anamaciel@ufu.br
André Luís de Araujo
Universidade Federal de Uberlândia | Uberlândia-MG | Brasil | andre.araujo@ufu.br

Resumo
A partir dos anos 2000, as noções de interoperabilidade e compatibilidade ganharam uma semântica contundente, principalmente em função da reunião de novas disciplinas nos ambientes de projeto. Em virtude disso, a fim de explorar os limites atuais das camadas de integração, apresentam-se, neste artigo, testes utilizando padrões neutros e ferramentas nativas de aplicativos de modelagem, as quais, por sua vez, são suficientes para trocas simples de informação. A partir dos resultados, construíram-se inferências, respeitando o caráter qualitativo e sem pretensões de generalização, sobre a associação dos projetos de arquitetura e hidrossanitário, exprimindo o atual distanciamento da plena interoperabilidade.

Palavras-chave: Interoperabilidade. Compatibilidade. Detecção de conflito. Arquitetura. Hidrossanitário.

Abstract
From the 2000s, the notions of interoperability and compatibility earn strong semantics, mainly due to the bringing together of new disciplines in project environments. As a result, to explore the current limits of integration layers, this paper presents tests using neutral standards and native modeling tools, which, in turn, are sufficient for simple data exchanges. From the results, we made some conclusions about the association of architecture and hydrosanitary projects, which, respecting the qualitative reductions and without intentions of generalization, presenting distances from full interoperability.

Keywords: Interoperability. Compatibility. Clash Detection. Architecture. Hydrosanitary.

Como citar:

PICCELLO , I. .; GUILHERME , L. L. de F. .; DARIVA, M. A. .; MACIEL , A. C. F. .; ARAUJO, A. L. de. Ensaio de interoperabilidade entre Revit® e Archicad®: arquitetura e hidrossanitário associados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-7. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/627. Acesso em: 3 ago. 2021.p.1-13

INTRODUÇÃO

A palavra “interoperabilidade” tem como significado a capacidade de trabalhar em conjunto [1], mais especificamente, a capacidade de um sistema informático de interagir ou de se comunicar com outro. Enquanto que a palavra “compatibilidade” significa, basicamente, ser compatível, funcionar. É possível notar, mesmo que reconhecendo a semelhança de ambas definições, uma diferença nos significados. Ser compatível não significa, necessariamente, que duas interfaces se comuniquem sem interferências, enquanto dizer que são interoperáveis, sim, ou pelo menos que essas interferências sejam mínimas. Dentro do espectro da arquitetura, a interoperabilidade é “uma característica de um produto ou sistema, cujas interfaces são completamente compreendidas e ajustadas para trabalhar em conjunto, sem restrições de acesso” [2]. Para que isso seja obtido, ambos os lados devem se reportar a um modelo referencial comum de troca de informações. No entanto, quando um fornecedor é forçado a se adaptar a um sistema dominante, o qual não possui padrões abertos, não existe a interoperabilidade, mas apenas a compatibilidade.

Essa característica adquire grande importância principalmente a partir dos anos 2000, quando o advento de tecnologias de simulação permitiu maior adoção de estratégias de desempenho como fator norteador do projeto, ainda que isso sempre estivesse presente em obras como as de Antoni Gaudí e Frei Otto [3]. Contudo, a retroalimentação, no projeto, dos resultados das análises de desempenho nem sempre é realizada de forma harmônica [4], comumente exigem interoperabilidade entre as ferramentas utilizadas, requerendo a adoção de condutas projetuais específicas.

Tais condutas encontram grandes empecilhos nas tecnologias de projeto, principalmente em fluxos de trabalho que utilizam formas clássicas de desenho técnico. Ainda nos anos 1990, Eisenman [5] concluiu que o uso da projeção planimétrica na arquitetura representava uma visão problemática, principalmente por obrigar o entendimento de um espaço tridimensional em apenas duas dimensões.

Já no início dos anos 2000, a utilização de protocolos 3D se popularizou, ainda que em companhia de um protocolo 2D desvinculado. Nesse fluxo de trabalho, análises de desempenho dificilmente vão alterar a solução final do projeto, visto que sua documentação já foi realizada anteriormente. Questões de eficiência precisam ser integradas no processo de projeto, principalmente na fase preliminar, para atingir os mais altos níveis de desempenho. Uma forma de facilitar essa operação é proporcionar uma base única de *design*, em que ambos profissionais de arquitetura e das áreas complementares possam compartilhar suas análises e propostas de modificação [6]. No entanto, o que acontece, em grande parte das vezes, é que modelos 3D não estão disponíveis para todos os profissionais envolvidos, necessitando disposição para criar um modelo tridimensional interpretando os desenhos 2D fornecidos [7].

A evolução do *design* assistido por computador (CAD) para Modelagem Baseada em Informação (BIM), prometeu a troca de informação baseada em dados no nível da construção, e sua popularização contribuiu para a redução de problemas oriundos dos

conflitos informacionais, já que, nesses aplicativos, tanto geometrias 2D quanto 3D são vinculadas com diversas de suas informações não geométricas [8]. Contudo, um estudo de 2020 [9] analisou 477 artigos sobre interoperabilidade BIM e concluiu que o principal fator para o baixo desempenho dos edifícios poderia ser o conflito de dados na comunicação da construção, evidenciando que a promessa inicial da nova forma de modelagem não foi cumprida até os dias atuais.

Na tentativa de mitigar problemas dessa esfera, as grandes desenvolvedoras passaram a disponibilizar soluções próprias para suas ferramentas. Porém, ainda que a conexão seja realizada de maneira não conflituosa, o usuário é mantido em uma mesma cadeia proprietária da empresa, situação comum no mercado [10], fazendo com que, caso um dos profissionais complementares utilize um programa de outra companhia, possa encontrar problemas.

> *Esses padrões proprietários são totalmente inadequados para o trabalho em um ambiente colaborativo BIM e mostra que as desenvolvedoras repetidamente criam e recriam soluções locais, não reutilizáveis nem interoperáveis, para os mesmos problemas, fazendo com que os usuários necessitem aprender um novo processo colaborativo cada vez que trabalham com uma nova equipe de projeto [11].*

Nesse ponto, formatos de arquivo em padrões abertos (como o IFC) são uma alternativa para o intercâmbio de dados entre diferentes ferramentas, contudo, dificilmente se obtém um resultado satisfatório sem que sejam necessários ajustes manuais [12], ou seja, a interoperabilidade não se cumpre plenamente.

O formato IFC (*Industry Foundation Classes*) é definido pela ISO 16739-1:2018 [13] como “um padrão aberto internacional para dados BIM que é trocado e compartilhado entre aplicativos usados pelos vários participantes em uma construção ou um projeto de operação e manutenção”, permitindo intercâmbio livre de informações entre diferentes profissionais e ferramentas utilizadas por eles. Hoje, já se é reconhecido que padrões BIM/IFC são capazes de centralizar a informação do projeto por todo seu ciclo de vida, dados que podem, potencialmente, servir a todas disciplinas e subdisciplinas, e garantir um projeto integrado e coordenado [14].

Contudo, mesmo que os parâmetros IFC mostrem suas capacidades de troca de informação, ainda estão em estágio inicial de desenvolvimento, visto que não se sabe quando os usuários estarão confiantes sobre sua interoperabilidade. Pesquisadores estão continuamente trabalhando na exploração das fraquezas do IFC e em seu desenvolvimento para servir em diferentes aplicações na indústria, bem como análise estrutural, simulação energética etc. [15]. Além disso, parâmetros IFC armazenam as informações, mas ainda não conseguem geri-las de forma correta, sem poder definir a complexidade de cada informação gerada, necessitando de ajustes manuais [16], o que, ainda assim, torna o processo mais fácil que o realizar manualmente em sua totalidade.

Diante do exposto, o atual artigo tem, em sua proposta, um experimento que busca os limites da interoperabilidade diante do uso de diferentes interfaces de modelagem de

arquitetura disponíveis no mercado. Com isso, será possível observar, estudar e comparar diferentes relações que são dadas entre diversos aplicativos.

A partir de um mesmo projeto arquitetônico, modelado em ferramentas distintas, e um hidrossanitário complementar, comparar-se-á a relação de transição, compatibilidade e interoperabilidade realizada de diferentes maneiras, utilizando-se das diversas ferramentas disponíveis, seja a partir do uso de formatos de arquivo proprietários, convertidos ou abertos.

Essa abordagem expõe, comparativamente, diferentes formas que a interoperabilidade se realiza sem grandes tratamentos manuais, percebendo que, mesmo com medidas adotadas pelas companhias, ainda podem existir conflitos. O que permite conhecer o estado atual dos avanços na resolução de problemas de interoperabilidade, a fim de se buscar novas e melhores soluções.

MÉTODO

Desde a publicação de Groat e Wang [17], os métodos científicos de simulação passaram a ter um papel pragmático dentro da pesquisa em arquitetura, principalmente por possibilitar a construção de hipóteses sobre as condições reais a partir de cenários virtuais. Dentro desse contexto, esta pesquisa propõe uma redução científica qualitativa fundamentada em duas estratégias de modelagem com delineamento indutivo, no qual se estabelece como premissa os parâmetros oriundos dos projetos arquitetônico e hidrossanitário. O critério de seleção destes tipos de simulação ocorreu em virtude da pressuposição de suas características computáveis, isto é, por se tratarem de variáveis objetivas.

Com a utilização dos programas Archicad®[1] e Revit®[2], foram realizados testes de exportação e importação de informações e geometrias do modelo arquitetônico, utilizando o parâmetro IFC como formato neutro. Um mesmo modelo foi criado semelhantemente em ambos os aplicativos, limitando-se às funcionalidades de cada um. A partir disso, realizou-se a exportação direta disponível.

No fluxo Archicad®-Revit® foram testados os tradutores: Exportação Geral; Exportação Geral (modificado para IFC4); Exportação Revit MEP®; Exportação Revit® para Modelo de Referência; Exportação geral com Conversão de dados de parâmetro IFC (tanto IFC2x3 quanto IFC4). Os arquivos foram importados para o Revit® por meio da abertura direta do arquivo. Essa distinção é importante pois, além dessa forma, o arquivo IFC pode ser integrado por meio de um vínculo, o qual é utilizado para visualização como referência. Optou-se por abrir diretamente o arquivo porque, assim, é mais fácil observar quais informações foram transmitidas a partir da exportação.

[1] Archicad® é um programa de modelagem BIM desenvolvido por Graphisoft®.

[2] Revit® é um programa de modelagem BIM desenvolvido por Autodesk®.

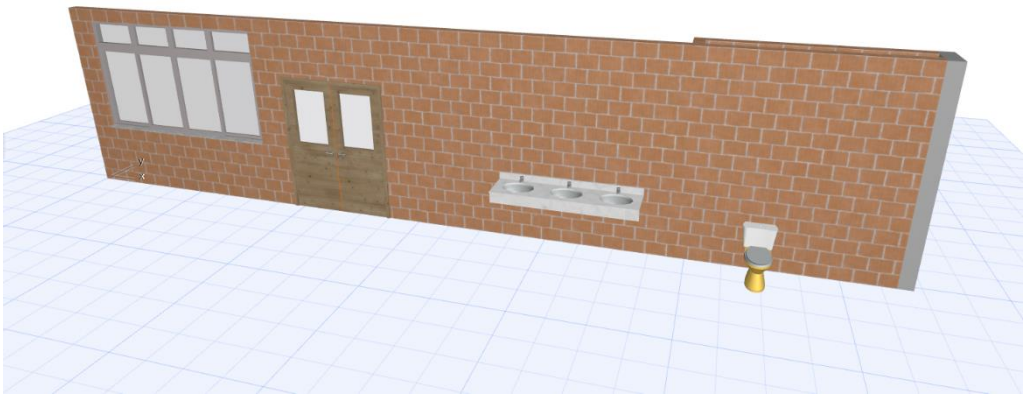
No fluxo Revit®-Archicad®, a exportação foi realizada de duas maneiras: primeiramente utilizando a tradução padrão e, posteriormente, a partir do suplemento disponibilizado pela Graphisoft® para o Revit®, forma de exportação aprimorada para o Archicad®. Os arquivos foram abertos diretamente no aplicativo, sem maiores configurações.

Após os primeiros testes, um edifício real foi modelado no Archicad®, exportado como vínculo para o Revit®, onde um pequeno projeto hidrossanitário foi realizado, e depois integrado ao arquivo inicial no Archicad®.

RESULTADOS

Com o modelo de testes criado (Figura 1), a comparação foi realizada por meio de diversas exportações utilizando diferentes configurações de tradutores.

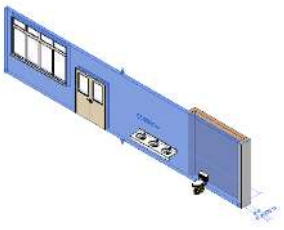
Figura 1: Modelo de testes realizado no Archicad® com exportação para o Revit®.



Fonte: os autores.

Alguns tipos de exportação obtiveram resultados semelhantes, divididos aqui em dois conjuntos, um que inclui as formas de exportação: sem tratamento, otimizado Revit MEP® e conversão de dados como propriedades IFC; e outro que inclui: otimizado Revit MEP® com conversão de dados como propriedades IFC e Revit® para modelo de referência. É possível observar o resultado gráfico e uma observação para cada grupo no Quadro 1.

Quadro 1: Comparação dos resultados de diferentes tipos de exportação.

Formato de tradutor	Resultado visual no Revit®	Observação
-Sem tratamento (IFC2x3 e IFC4) -Otimizado Revit MEP® (IFC2x3) -Conversão de dados como propriedades IFC (IFC2x3 e IFC4)		O programa consegue modificar a altura da parede, entende seu material e espessura, mas sem ser possível alterar. Objetos como portas e janelas têm sua característica entendida, mas não suas propriedades.
-Otimizado Revit MEP® com conversão de dados como propriedades IFC (IFC2x3) -Revit® para modelo de referência (IFC2x3)		O programa consegue modificar altura, espessura e cavidades da parede, não entende material. Outros objetos têm a finalidade entendida, mas não características e propriedades.

Fonte: os autores.

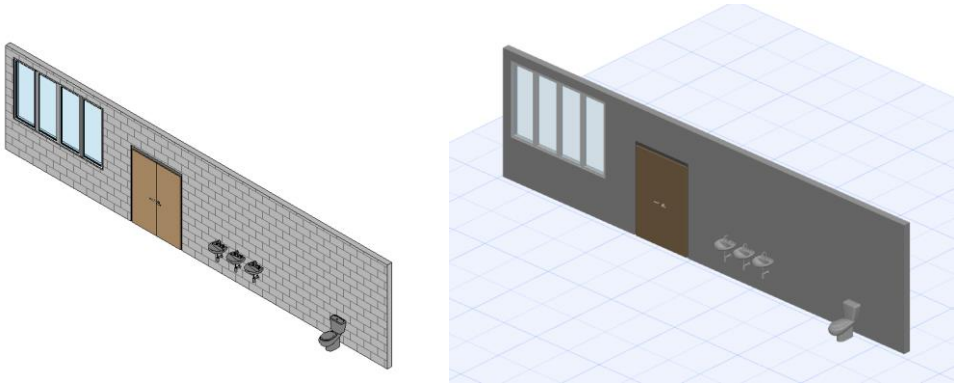
A configuração das formas de tradução foi feita no Archicad®, definindo como o projeto seria exportado. O programa conta com alguns padrões já aprimorados, como "Revit MEP®" e "Revit® para modelo de referência", que foram utilizados, mas não apresentaram grandes melhorias. As demais formas de tradução foram alteradas manualmente para tentar explorar grande parte das opções disponíveis.

A exportação perdeu informações em todos os casos. No primeiro conjunto expresso no Quadro 1, a parede consegue ter as informações de material e espessura entendidas pelo programa. Objetos como portas e janelas são interpretados como famílias, suas características como largura, altura e abertura são perdidas, mesmo que a geometria esteja correta. Os objetos sanitários são entendidos como equipamentos mecânicos, sem carregar quaisquer outras informações. A coluna é entendida de forma semelhante às portas e janelas, considerada como família, mas sem maiores características.

No segundo conjunto do Quadro 1, o programa parece entender a geometria da parede como extrudada, pois é possível "esticá-la" em qualquer direção, sua família deixa de ser considerada e, com isso, as informações de material são perdidas. Os demais objetos também perdem o entendimento de família e têm somente sua funcionalidade compreendida.

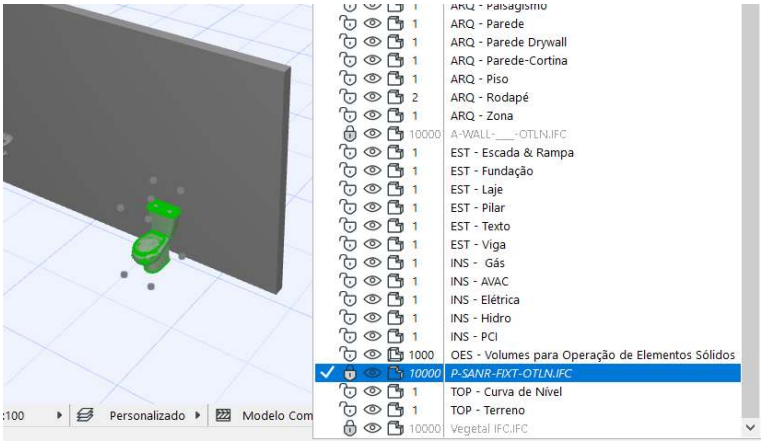
O processo inverso também foi testado, em que algumas configurações de tradução foram utilizadas para a migração do modelo de testes exibido na Figura 2 (à esquerda), dando resultados parecidos. A parede manteve suas informações de material e espessura, podendo também ter sua altura e componentes alterados, com o resultado gráfico expresso na Figura 2 (à direita). Diferentemente da exportação do Archicad® para o Revit®, os objetos conseguiram manter mais informações, equipamentos sanitários, por exemplo, foram entendidos como elementos MEP e direcionados a camadas de projeto condizentes, ainda que criando novas, diferentes das já definidas no programa, como é possível observar na Figura 3.

Figura 2: Modelo de testes e sua exportação.



*À esquerda: modelo de testes realizado no Revit®. À direita: resultado da exportação desse modelo para o Archicad®.*Fonte: os autores.

Figura 3: Camada criada automaticamente pela exportação.



Fonte: os autores.

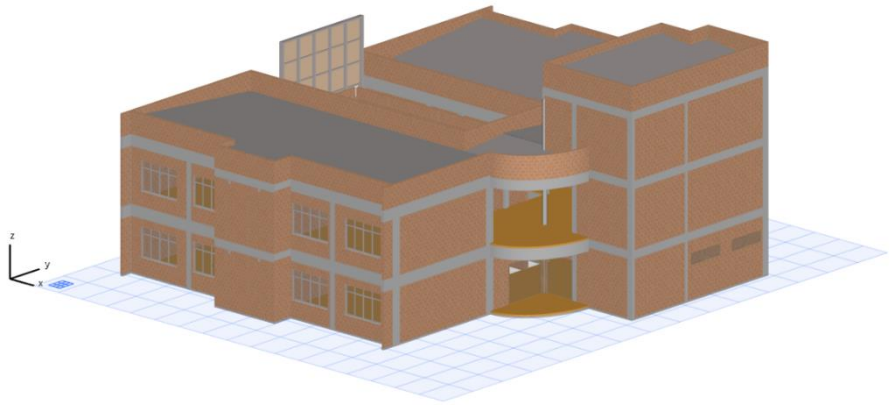
Nesse fluxo, além da forma de exportação própria no programa da Autodesk®, a Graphisoft®, desenvolvedora do Archicad®, disponibiliza um suplemento para o Revit®, no intuito de fazer uma exportação aprimorada para seu aplicativo. Contudo, não foi notada grande diferença entre os dois meios de conversão, algo que pode ocorrer em projetos de maior magnitude.

Em uma situação comum de trabalho, o esperado é que o projeto arquitetônico realizado em um aplicativo seja exportado como referência para um profissional complementar que ocasionalmente utiliza outro programa. Nesse caso, não é necessário que no arquivo exportado se consiga realizar alterações, mas sim a leitura das informações relevantes para a realização complementar e que precisam estar indexadas corretamente para melhor manuseio de todos os profissionais envolvidos. Muitas vezes, a exportação leva consigo somente as características essenciais, escolhidas pelo projetista.

Para realizar experimentos nessa área modelou-se um edifício real no Archicad® (Figura 4) e um projeto hidrossanitário básico, realizado em Revit®, a fim de simular a

integração de projetos arquitetônicos e complementares e explorar a interoperabilidade entre diferentes aplicativos utilizando, principalmente, as possibilidades disponíveis diretamente nos programas de modelagem BIM.

Figura 4: Edifício modelado em Archicad®.

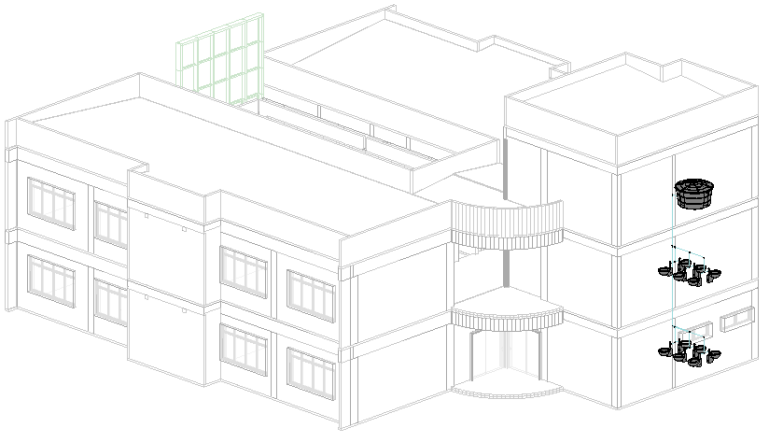


Fonte: os autores.

O modelo, então, foi exportado em IFC de três maneiras, consideradas aqui como principais nesse fluxo de trabalho Archicad®-Revit®: Exportação Geral; Otimizado Revit MEP®; e Revit® para modelo de referência.

No Programa da Autodesk®, o arquivo IFC foi importado por meio de indexação (como pode ser visto na Figura 5), de forma a funcionar apenas como referência projetual. Dessa maneira, nenhuma das formas de exportação apresentou grandes problemas para a modelagem.

Figura 5: Vínculo do modelo e projeto hidrossanitário no Revit®.



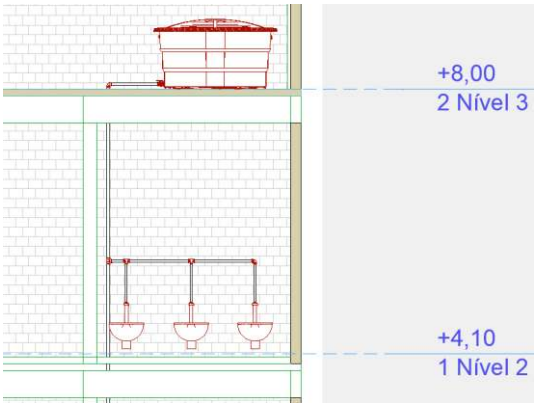
Fonte: os autores.

Na importação para o Archicad®, contudo, alguns fatores devem ser pontuados. Pode-se realizar a integração de duas formas principais, a partir da abertura direta do

arquivo IFC oriundo do Revit®, ou a partir da atualização do modelo inicialmente realizado no aplicativo.

Pela abertura direta (Figura 6), o fator de edição que se teria em um projeto originalmente proprietário é perdido, mas poucas informações são corrompidas. Dentre elas, as camadas e tipos de objetos. Exceto as paredes, todos os elementos são entendidos como objetos.

Figura 6: Abertura direta, no Archicad®, do arquivo IFC proveniente do Revit®.

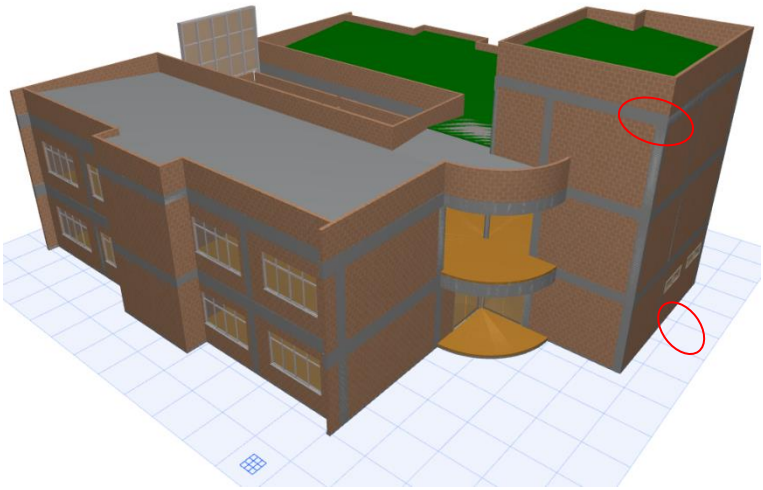


Fonte: os autores.

Nessa forma de importação, equipamentos hidrossanitários, originalmente modelados no Revit® e importados para o Archicad®, tiveram suas informações bem compreendidas, a tubulação e suas junções foram classificados como segmento e encaixe de tubo, outros equipamentos como caixa d'água e bacias sanitárias, foram classificados como transformadores.

A vinculação do arquivo IFC ao projeto arquitetônico no Archicad® funciona a partir da chamada "atualização com modelo IFC", em que as informações do arquivo IFC são incorporadas àquele em formato proprietário Graphisoft®. Assim, dois resultados foram obtidos. Quando a exportação do projeto hidrossanitário manteve seu vínculo inicial, as informações foram carregadas duplicadas ao Archicad®, sendo possível observar as sobreposições na Figura 7.

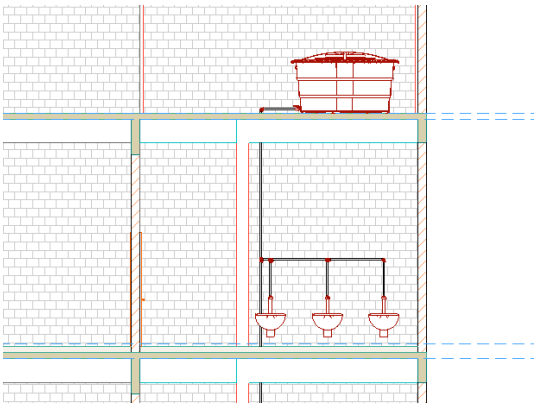
Figura 7: Conflitos aparentes na importação com o vínculo ativo.



Fonte: os autores.

Quando, no Revit®, o vínculo foi retirado (Figura 8) a importação para o Archicad® não apresentou esse problema, e as peças hidrossanitárias exibiram os mesmos resultados de quando o arquivo IFC foi aberto diretamente.

Figura 8: Integração do IFC com o arquivo proprietário Archicad®.



Fonte: os autores.

Entre utilizar a exportação por meio do suplemento Graphisoft® e diretamente pelo Revit®, não foi notada qualquer diferença.

Percebe-se, então, que o entendimento e administração dos elementos varia de acordo com o processo de migração entre os aplicativos. No fluxo Archicad®-Revit® a interpretação é menos eficiente, ainda que os equipamentos sanitários tragam compreensão satisfatória como equipamentos mecânicos, outros elementos como famílias/objetos não são entendidos; a interpretação de material e a espessura dos elementos varia de acordo com o tradutor escolhido e não existe classificação em que se apliquem as camadas provenientes do Archicad®.

Em contrapartida, no fluxo Revit®-Archicad®, o material e a espessura são compreendidos, juntamente das famílias/objetos (ainda que sem a possibilidade de edição); equipamentos sanitários são entendidos diferentemente, mas ainda de forma satisfatória, como transformadores; e a utilização de camadas é aplicada, mesmo que de forma alternativa a uma já predefinida. Ou seja, caso o usuário queira poupar trabalho manual, a interoperabilidade fica dependente das ferramentas fornecidas pelas companhias, variando de acordo com as interpretações de cada aplicativo. O Quadro 2 resume essas informações de forma rápida e simplificada.

Quadro 2: Análise das principais informações absorvidas entre os aplicativos testados.

Entendimento	**Archicad®-Revit®**	**Revit®-Archicad®**
Material e espessura	Depende do tradutor	Sim
Famílias/Objetos	Não	Sim, sem edição
Equipamentos sanitários	Equipamento mecânico	Transformador
Camadas	Não se aplica	Em partes

Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

Por fim, após observar os resultados dos testes preliminares e os experimentos posteriores, é possível inferir, considerando o caráter qualitativo e sem pretensões de generalização, que a promoção de interoperabilidade sem quaisquer esforços de adaptação manual ainda mantém o usuário restrito às soluções fornecidas pelas empresas, as quais, até o presente momento, são suficientes para as trocas simples de informação. No entanto, a partir dos apontamentos obtidos na presente pesquisa, pode-se dizer que o incremento de informação em disciplinas específicas parece ser inversamente proporcional a uma condição de plena interoperabilidade.

A perda de dados incorporados à mesma geometria em disciplinas distintas acontece principalmente quando existem acrescimentos ou alterações das estruturas paramétricas em modelos mais consolidados, o que compromete, em certa medida, a simultaneidade dos processos de projeto. Para desenvolvimento em camadas mais profundas de integração é essencial que protocolos abertos, como o IFC, sejam adotados e aprimorados, em detrimento das soluções proprietárias, principalmente quando se busca usufruir de amplos benefícios de manipulação e compartilhamento em estágios mais avançados. Além disso, as estruturas organizadas e replicáveis, como as famílias do Revit®, ou os grupos de objetos do Archicad® tendem a facilitar os protocolos de interoperabilidade e, provavelmente, irão nortear o desenvolvimento destes atributos BIM nos próximos anos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

[1] DICIO. **Dicionário Online de Português**. Disponivel em: https://www.dicio.com.br/. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

[2] AFSARI, K.; EASTMAN, C.; SHELDEN, D. Building Information Modelling data interoperability for Cloud-based collab9oration: Limitations and Opportunities. **International Journal of Architectural Computing**, v. 15, n. 3, p. 187-202, Set 2017. DOI: https://doi.org/10.1177/1478077117731174.

[3] KOLAREVIC , B.; MALKAWI, A. **Peformative Architecture:** Beyond Instrumentality. Nova Iorque: Spon Press, 2005.

[4] SILVA, T. et al. Design synthesis and performance: simulation, discussion and generative strategies. In: CONGRESO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 22., 2018, São Carlos. **Proceedings [...].** São Paulo: Blucher. 2018. p. 625-630. DOI: https://doi.org/10.5151/sigradi2018-1824

[5] EISENMAN, P. Visions unfolding: architecture in the age of electronic media. In: NESBITT, K. **Theorizing a New Agenda for Architecture**. 2. ed. Nova Jersey: Princeton Architectural Press, 1996. p. 556-561.

[6] CHIAIA, B. et al. BIM and interoperability for energy simulations. In: BUILDING SIMULATION APPLICATIONS, 2., 2015, Bolzano. **Proceedings [...].** Bolzano: bu,press. 2015. p. 93-97.

[7] KARTIKEAYAN, R. S.; SALMALIZA, S.; RASHID, Y. Building Information Modeling Interoperability Issues. **International Journal of Computer Sciences and Engineering**, v. 5, n. 5, p. 7-19, Mai 2017.

[8] EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook:** A guide to building information modelling for owners, managers, designers, engeneers and contractores. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2011.

[9] OZTURK, G. Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry. **Automation in Construction**, v. 113, mai. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103122

[10] LAAKSO, M.; KIVINIEMI, A. The IFC standard - A review of history, development, and standardization. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 17, p. 134-161. Maio 2012.

[11] MOORE, R.; MCAULEY, B.; HORE, A. The application of industry standards as an alternative to in-house proprietary standards within the AEC industry. In: CITA BIM GATHERING, 2., 2015, Dublin. **Proceddings [...].** Dublin: CitA. 2015. p. 86-93. DOI: https://doi.org/10.21427/pxea-a115.

[12] CHEN, Q. et al. Robust IFC files to improve information exchange: An application for thermal energy simulation. In: INTERNATIONAL STRUCTURAL ENGINEERING AND CONSTRUCTION CONFERENCE, 9., 2017, Valencia. **Proceedings [...].** Valencia: ISEC Press. 2017. DOI: https://doi.org/10.14455/isec.res.2017.8.

[13] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739-1:2018**: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema. 1 ed. 2018. 1474p. Disponível em: https://www.iso.org/standard/51622.html. Acesso em: 17 fevereiro 2021.

[14] MASTINO, C. C. et al. The building information model and the IFC standard: Analysis of the characteristics necessary for the acoustic and energy simulation of buildings. In: BUILDING SIMULATION APPLICATIONS, 3., 2017, Bolzano. **Proceedings [...].** Bolzano: bu,press. 2017. p. 479-486.

[15] GOLABCHI, A.; KAMAT, V. R. Evaluation of Industry Foundation Classes for Practical Building Information Modeling Interoperability. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 30., 2013, Montreal. **Proceedings […].** Montreal: IAARC. 2013. p. 17-26. DOI: https://doi.org/10.22260/isarc2013/0003.

[16] ARAYICI, Y. et al. Interoperability specification development for integrated BIM use in performance based design. **Automation in Construction**, v. 85, p. 167-181, jan. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.018.

[17] GROAT, L.; WANG, D. **Architectural research methods**. 2. ed. Nova Iorque: Wiley, 2013.