ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

# Automatização da conferência de requisitos legais em entregas de BIM

## Automation of Legal Requirements Verification in BIM delivery

**Ana Carolina Andrade**
Sondotécnica | São Paulo | Brasil | ana.andrade@sondotecnica.com.br
**Aline Prado Costa**
Sondotécnica | São Paulo | Brasil | aline.costa@sondotecnica.com.br
**Lucas Melchiori Pereira**
Sondotécnica | São Paulo | Brasil | lucas.pereira@sondotecnica.com.br
**João Alberto Gaspar**
Sondotécnica | São Paulo | Brasil | ljoao.gaspar@sondotecnica.com.br
**Stefania Dimitrov**
Sondotécnica | São Paulo | Brasil | stefania.dimitrov@sondotecnica.com.br

**Resumo**

Projetos de Habitação de Interesse Social (HIS) envolvem diversos clientes e requisitos, parte destes definidos legalmente. Por serem restritivos e numerosos, sua conferência toma tempo significativo na análise do projeto. Todavia, essa análise pode ser automatizada em projetos entregues em IFC, o que reduz o tempo de checagem e permite direcionar esforços para outros requisitos de qualidade do projeto. Este trabalho apresenta a solução desenvolvida pela Sondotécnica em parceria com a CADTEC para a automatização da conferência de checagem de restrições legais de projeto. A solução foi desenvolvida a partir de uma demanda real de melhoria da auditoria de 11 projetos de HIS. O estudo discute os resultados de um projeto-piloto que identificou 42 itens do decreto municipal nº 59.885/20 e o traduziu em regras de conferências no software Solibri. Este decreto é a principal legislação que estabelece normas edilícias para HIS em São Paulo – SP. Com essas regras, foi possível atestar diretamente que as informações de relatórios e modelos IFC atendiam ao Decreto, com ganhos em tempo e confiabilidade. Os resultados validaram a solução e deram início a automatização de outras regras para a análise de projetos.

Palavras-chave: Auditoria de projeto. Modelagem de informação da construção. IFC. Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo. SEHAB.

**Abstract**

*Social Interest Housing Projects (SIHP) involve various clients and requirements, some of which are legally defined. Due to their restrictive and numerous natures, their verification takes a significant amount of time in project analysis. However, this analysis can be automated in projects delivered in IFC format, reducing the checking time, and allowing efforts to be directed towards other project quality requirements. This paper presents the solution developed by Sondotécnica in partnership with CADTEC for automating the verification of legal project*

Como citar:
ANDRADE, A.; COSTA, A.; PEREIRA, L.; GASPAR, J.; DIMITROV, S. Automatização da conferência de requisitos legais em entregas de BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

*restrictions. The solution was developed in response to a real demand for improving the auditing of 11 SIHP projects. The study discusses the results of a pilot project that identified forty-two items from municipal decree No. 59.885/20 and translated them into verification rules in the Solibri software. This decree is the main legislation establishing building standards for SIHP in São Paulo - SP. With these rules, it was possible to directly verify that the information from reports and IFC models complied with the decree, resulting in gains in time and reliability. The results validated the solution and initiated the automation of other rules for project analysis*.

*Keywords: Design Audit. Building Information Modeling. IFC.* Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo. SEHAB.

## INTRODUÇÃO

A análise de projetos consiste em um processo específico de validação que usualmente contempla exigências e aspectos diversos. Adotando-se a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) para a elaboração de projetos, é possível otimizar tempo e recursos na etapa de análise, uma vez que os modelos entregues viabilizam a aplicação de tecnologias para automatização em boa parte do escopo de análise.

Entre os principais usos de modelos BIM se encontra especificamente o *Code Checking and Validation* [1], ou seja, a verificação de código e validação. Esse uso é descrito particularmente como uma investigação sobre um arquivo, documento ou modelo, para conformidade com especificações predefinidas, códigos do projeto, desempenho ou segurança estabelecidos, podendo ser uma atividade manual ou automatizada [2]. Um dos formatos de arquivos onde o *Code Checking and Validation* tem sido amplamente aplicado de maneira automatizada é o *Industry Foundation Classes* (IFC).

O formato IFC consiste em um padrão neutro de arquivos, certificado pela ISO no ano de 2013 [3]. O IFC permite uma maior interoperabilidade entre diferentes softwares BIM e, pensando na análise de projetos, viabiliza alternativas de verificação automatizada que formatos nativos não poderiam oferecer.

Pesquisando pelo tópico "verificação automatizada em IFC" em inglês, "*automated checking IFC*", em três diferentes bancos de dados de literatura científica, *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Science*, o artigo mais antigo relacionado ao assunto data de 2004 [4]. Nessa publicação já é possível identificar o trabalho minucioso que implica esse tipo de automatização e as principais etapas a serem realizadas dentro do processo, como por exemplo, a identificação dos itens mensuráveis, ou seja, que possibilitam automatizações dentro das análises.

Dentro da literatura encontrada, o termo "*Automated Rule Checking*" (ARC) também tem sido utilizado para designar esse tipo de checagem [5], o definindo como uma prática de desenvolver ferramentas para verificar automaticamente conjuntos de regras relacionado ao modelo. Entende-se que essa metodologia já era empregada em meados de 1960, em projetos convencionais, porém com o advento do BIM e, posteriormente, do IFC, esse método foi elevado ao nível de interoperabilidade com acesso a uma maior quantidade de dados, todos concentrados em um mesmo modelo. Importante destacar que alguns autores também citam as principais limitações do processo, como a falta das informações necessárias na modelagem [6], assim como, em propostas específicas, o desafio de integrar dados BIM e GIS, por exemplo, no contexto da verificação automatizada [7].

Em função das constantes atualizações do BIM, do padrão IFC e dos recursos computacionais, a análise automatizada para projetos nesses formatos permanece apresentando potencial e ganhos tanto do ponto de vista regulatório quanto

construtivo, uma vez que promove o conhecimento sobre problemas específicos e melhores práticas [8]. Neste, é apresentado o trabalho desenvolvido pela Sondotécnica Engenharia em parceria com a CAD Technology (CADTEC), distribuidora nacional do software Solibri Model Checker (SMC), no desenvolvimento de regras para verificação automatizada de projetos realizados em BIM e entregues em formato IFC para projetos de Habitação de Interesse Social (HIS) da prefeitura do município de São Paulo.

A Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo (SEHAB) contratou, com o apoio da Sondotécnica, por meio de licitação pública, o desenvolvimento de projetos executivos de HIS, utilizando a metodologia BIM para terrenos localizados na área da Operação Urbana Consorciada Água Espraiada (OUCAE). Todos os contratados tiveram acesso desde o pacote licitatório ao Caderno de Projetos em BIM [9], além de outros materiais complementares após a contratação, como o Caderno de Modelagem BIM: projetos de HIS [9], a fim de fornecer diretrizes explícitas sobre os entregáveis.

A Sondotécnica atua no gerenciamento e análise desses projetos, auditando os modelos e verificando toda a qualidade técnica e de modelagem. Essa validação de modelos compreende: (i) aspectos técnicos, a fim de verificar a conformidade do projeto com normas, legislações e diretrizes do cliente e (ii) qualidade, que compreende a verificação sobre georreferenciamento, classificação IFC dos elementos, detecção de colisões e análise das informações geométricas e não geométricas do modelo.

A Sondotécnica buscou alternativas ao longo do processo para aumentar a produtividade e qualidade das análises. A partir da parceria com a CADTEC, iniciou um projeto piloto para análise automatizada de aspectos técnicos. Foram desenvolvidas regras para verificação da conformidade dos projetos com o Decreto Nº 59.885 [10], que estabelece exigências para Empreendimentos de Habitação de Interesse Social (EHIS), Empreendimento de Habitação de Mercado Popular (EHMP) e Empreendimento em Zona Especial de Interesse Social (EZEIS) (Figura 1). Esse decreto foi prioritariamente escolhido, pois reúne as principais diretrizes que incidem diretamente sobre empreendimentos desse tipo.

**Figura 1: Decreto 59.885 de 2020 disponível na página Legislação Municipal da prefeitura de São Paulo.**




Fonte: Prefeitura de São Paulo – Legislação Municipal. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-59885-de-4-de-novembro-de-2020>

## MÉTODO

As etapas acerca do desenvolvimento de regras para checagem automatizada, em geral possui uma abordagem similar, que conta com as seguintes etapas: interpretação da regra, configuração do modelo, execução da regra, relatório dos resultados e correções das possíveis falhas encontradas [5].

O fluxo de trabalho da Sondotécnica - CADTEC, também teve seu início com a etapa de interpretação do texto. Essa tradução consiste em transformar um texto que possui linguagem formal, detalhado em função de um entendimento normativo, para termos mais objetivos e que expressam diretamente parâmetros que permitem a elaboração da regra.

Durante a tradução, foi possível identificar itens que tenham correlação com outras leis, normas ou instruções técnicas que vigoram com maior propriedade sobre o assunto. Em uma planilha de trabalho colaborativo (Tabelas 1 e 2), tais pontos foram complementados, além disso foi definido um nível de prioridade para formulação de regras de cada item, sendo “baixa”, “média” e “alta”. Os de prioridade “alta” e “média” se tratavam de itens que tomavam tempo elevado durante a análise manual, porém aos de “alta” prioridade somava-se a importância de serem itens corriqueiramente utilizados no escopo de análise da Sondotécnica. Já os de prioridade “baixa” eram itens que ainda poderiam ser verificados manualmente sem grande impacto no tempo de análise. Nessa mesma planilha, a CADTEC informou os códigos utilizados para busca e filtro dos elementos pertinentes a cada regra e seus detalhes. Por fim, foram também incluídos os requisitos de modelagem identificados como necessários para a efetiva

checagem automatizada, a fim de aumentar, consequentemente, a qualidade dos modelos.

**Tabela 1: Trecho da planilha de trabalho colaborativo (parte 1)**

| Item | Descrição | Tradução | Complemento | Normativa complementar | Prioridade | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a) | 2,30m (dois metros e trinta centímetros) para sanitário e área de serviço; | Os sanitários e áreas de serviço devem possuir no mínimo 2,30m de distância do piso ao teto acabados (pé-direito). | Inclui-se também vestíbulos, halls, corredores, demais instalações sanitárias e despensas com pé-direito mínimo de 2,30m é permitido. | NBR 15575-1:2021 | **Alta** | **Liberada para testes** |
| b) | 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) para os demais compartimentos; | Os demais ambientes (sala, dormitórios e cozinha) devem possuir no mínimo 2,50m de distância do piso ao teto acabados (pé-direito). | Nos tetos com vigas, inclinados, abobadados ou contendo superfícies salientes na altura do pé-direito mínimo, deve ser mantido pelo menos 80% da superfície do teto com 2,50m e o restante pode descer até o mínimo de 2,30m. | NBR 15575-1:2021 | **Alta** | **Liberada para testes** |

Fonte: os autores.

**Tabela 2: Trecho da planilha de trabalho colaborativo (parte 2)**

| Código Elemento | Código Espaço | Modelo teste | Número da Regra | Descrição da Regra | Classificações utilizadas | Requisitos de modelagem |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3E 16 02 00 00 00 00 (Pisos)<br>3E 16 02 04 00 00 00 (Revestimento de piso)<br>3E 16 04 00 00 00 00 (Forros)<br>3E 16 04 02 00 00 00 (Painel de forro) | 4A 19 04 07 00 00 00 (Banheiro residencial)<br>4A 19 04 01 00 00 00 (Área de serviço) | A47 | Art. 3º III – a | Conforme item do decreto | NBR 15965-6 | Unidades habitacionais precisam ter modelado um *IfcSpace* que englobe toda a habitação |
| 3E 16 02 00 00 00 00 (Pisos)<br>3E 16 02 04 00 00 00 (Revestimento de piso)<br>3E 16 04 00 00 00 00 (Forros)<br>3E 16 04 02 00 00 00 (Painel de forro) | 4A 19 01 07 00 00 00 (Sala de estar)<br>4A 19 01 10 00 00 00 (Sala de jantar)<br>4A 19 01 13 00 00 00 (Sala de almoço)<br>4A 19 01 25 00 00 00 (Cozinha)<br>4A 19 01 01 00 00 00 Dormitório | A47 | Art. 3º III - b | Conforme item do decreto | NBR 15965-6 | Unidades habitacionais precisam ter modelado um *IfcSpace* que englobe toda a habitação |

Fonte: os autores.

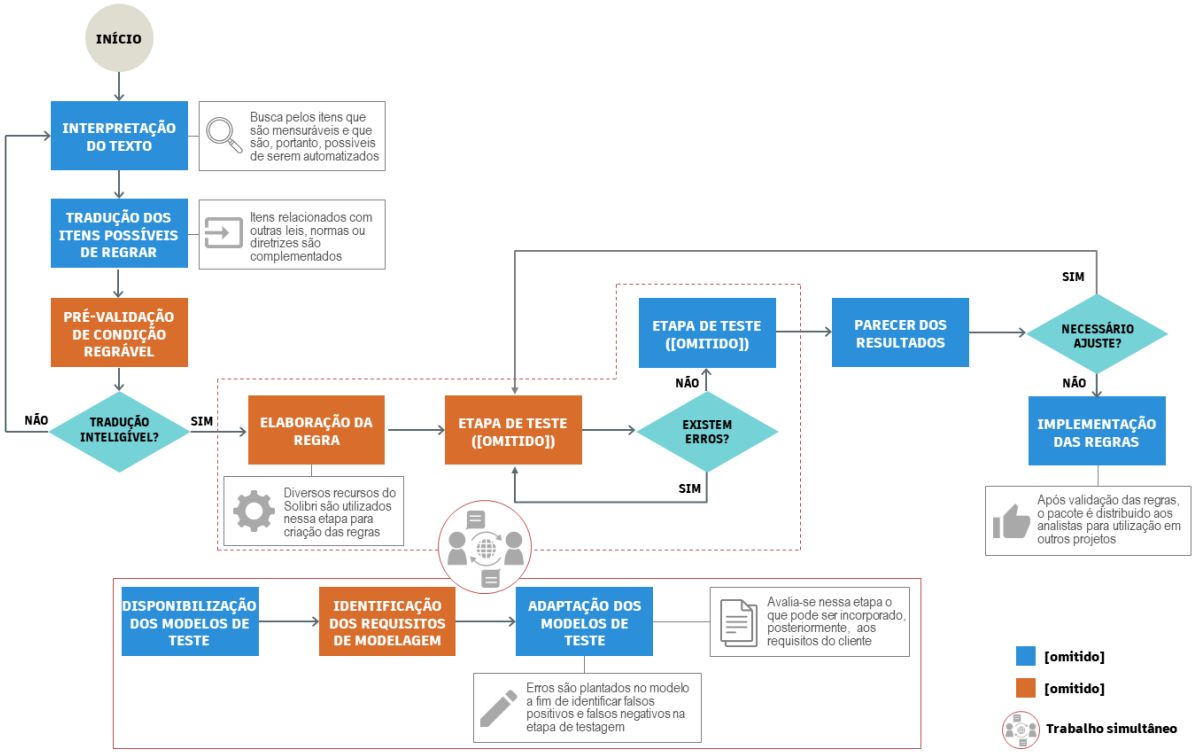
Após alcançar um nível de tradução inteligível, iniciou-se o processo efetivo de elaboração da regra no software de análise Solibri, versão Office. O Solibri tem sido amplamente utilizado para análises automatizadas entre os softwares que são aptos a tal função [12]. Sua interface é bastante acessível, assim como seus recursos, o que permite alcançar um maior número de usuários [13]. Além disso, o próprio software já dispõe de uma biblioteca de regras chamada "SOL" [14], que funcionam como *templates* que podem ser utilizados como ponto de partida para derivações e elaborações de outras regras.

A equipe da CADTEC utilizou-se desses recursos próprios do Solibri e, quando necessário, explorou recursos externos, como a utilização de *templates* em Excel para cálculos matemáticos específicos. Um desses casos foi a seção III do Decreto Nº 59.885 que trata sobre o cálculo de áreas computáveis e não computáveis.

Para testagem de todas as regras, a Sondotécnica forneceu modelos de teste para a CADTEC. Os mesmos foram adaptados sempre que necessário e erros foram plantados nesses modelos a fim de testar todos os cenários possíveis, como forma de auditar a qualidade das próprias regras.

Ao longo de todo o fluxo de trabalho (Figura 2), foram necessárias reuniões de alinhamento. Posteriormente, como forma de implementar as regras, essas foram incorporadas ao trabalho dos demais analistas de projetos da Sondotécnica.

**Figura 2: Fluxo de trabalho, em parceria com a CADTEC, para elaboração de regras de verificação automatizada.**




Fonte: os autores.

## RESULTADOS

Dentre os itens que compõem o Decreto Nº 59.885, foram encontrados e traduzidos 42 itens passíveis de automatização, cerca de 60% do texto original. Foram identificadas as principais categorias, ou seja, os principais assuntos abordados pelos itens regrados do decreto. Da mesma forma, foram identificadas as categorias do Solibri, a fim de constatar os princípios de checagem de acordo com os recursos disponíveis no software. Relacionando ambas as categorias definidas, foi possível distribuir as 42 regras de modo a visualizar suas correlações (Figura 3).

**Figura 3: Fluxo de trabalho, em parceria com a CADTEC, para elaboração de regras de verificação automatizada.**



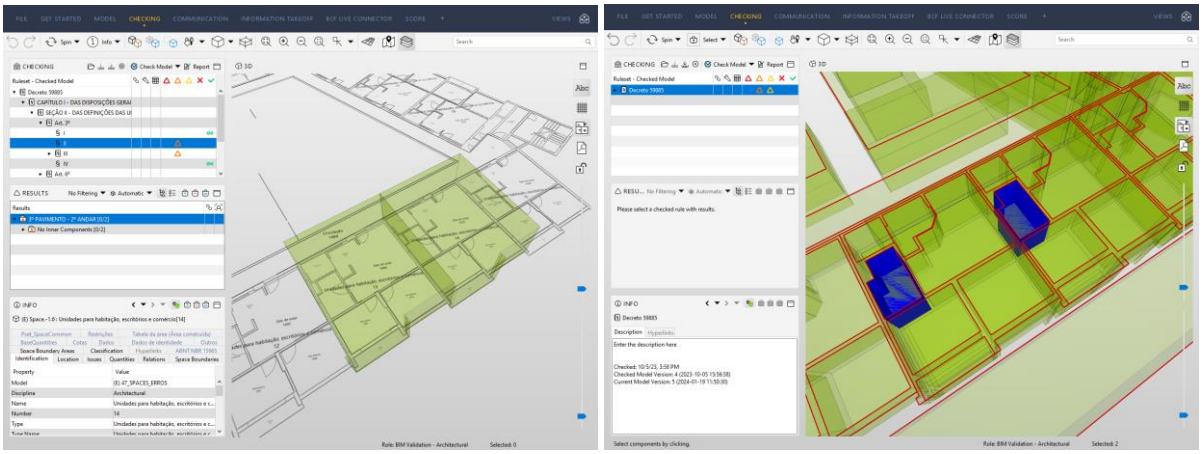

Fonte: os autores.

O pacote de verificação sobre o decreto de HIS é composto, portanto, por 42 regras acerca da edificação, sendo que essas foram agrupadas de acordo com a seção e artigo do qual fazem parte. Os primeiros itens regráveis dizem respeito aos parâmetros gerais que uma unidade de HIS deve atender para ser caracterizada como tal. O texto original diz o seguinte:

> *A unidade de HIS deve atender aos seguintes parâmetros:*
>
> *I - área útil máxima de 70m² (setenta metros quadrados) e mínima de 24m² (vinte e quatro metros quadrados);*
>
> *II - máximo de 01 (um) sanitário;*
>
> *III - pé-direito mínimo de:*
>
> *a) 2,30m (dois metros e trinta centímetros) para sanitário e área de serviço;*
>
> *b) 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) para os demais compartimentos;* [Decreto Nº 59.885 – Seção II, Art. 3º]

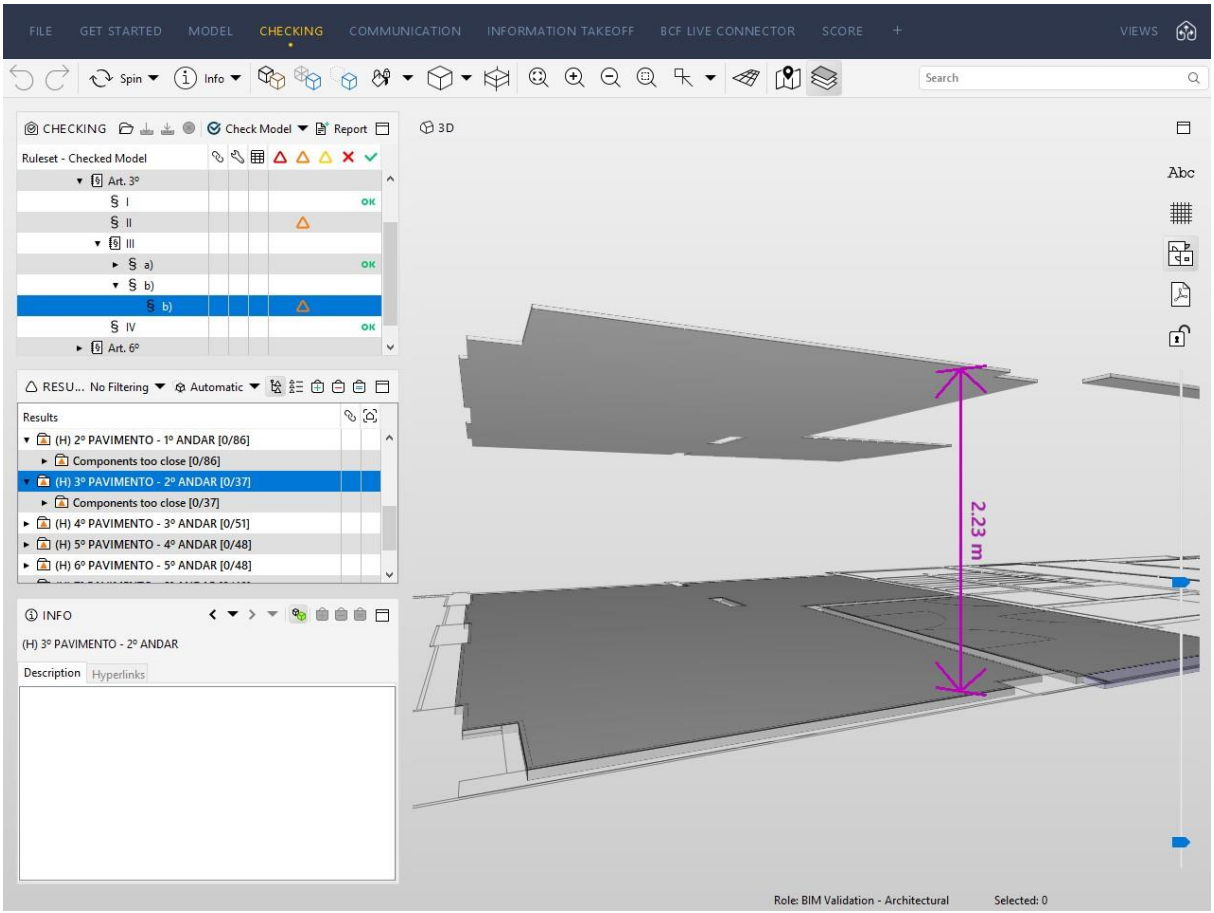
Para essas situações foram desenvolvidas regras com base na análise de distância entre elementos específicos e existência de determinado ambiente (*IfcSpace*) no projeto. Ambas são regras de elaboração mais simples, sendo adaptadas de templates já existentes no Solibri (Figura 4 e Figura 5).

**Figura 4: Regra automatizada para verificar se cada Unidade Habitacional (UH) tem no máximo um sanitário. Duas UHs estão sem os ambientes dos sanitários modelados (à esquerda); situação corrigida, identificados em azul estão os sanitários (à direita).**



Fonte: os autores.

**Figura 5: Regra automatizada para verificar o pé-direito mínimo.**

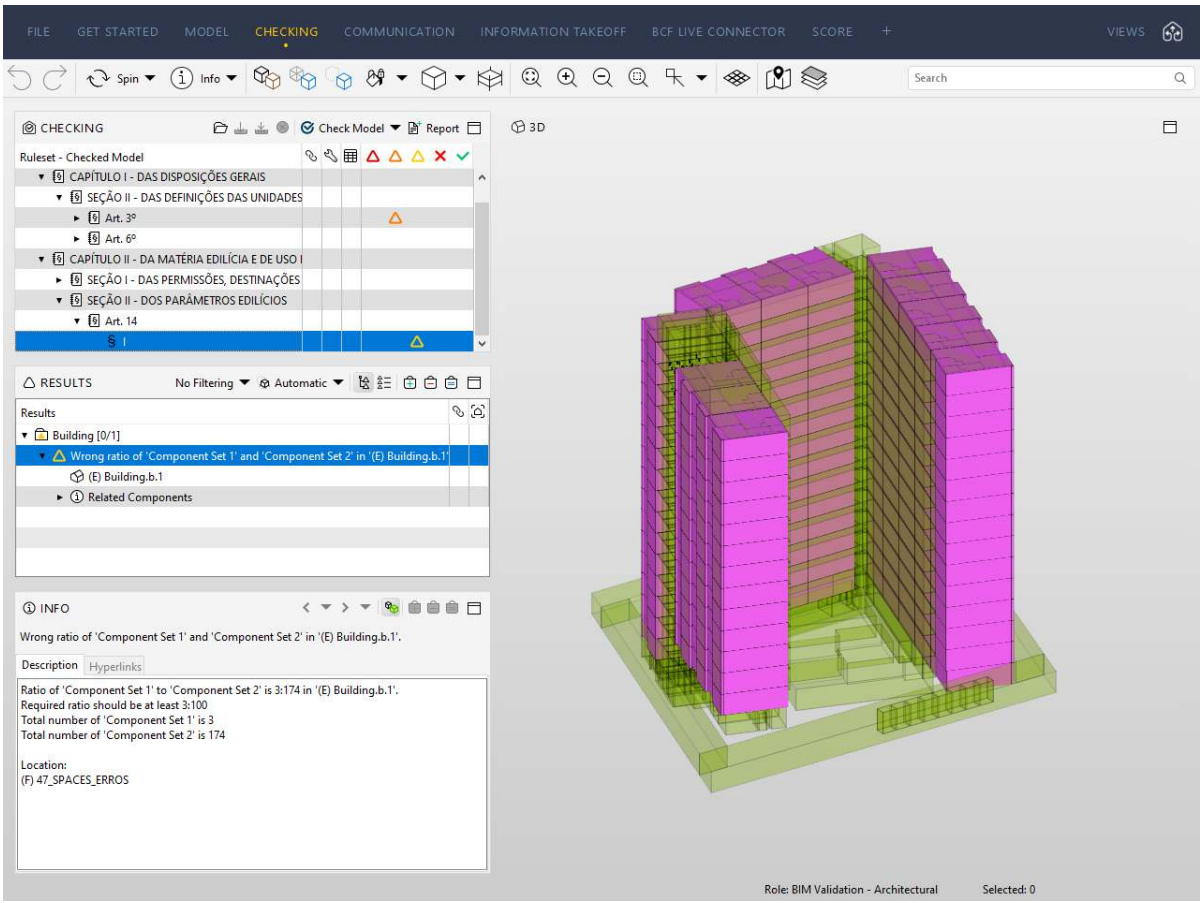



Nota: na imagem, o pé-direito é de 2,23m (ambiente do bicicletário), quando deveria ter, no mínimo 2,50m. Fonte: os autores.

Outra exigência do Decreto diz respeito a quantidade de unidades adaptadas em relação a quantidade total de unidades. O valor exigido é de 3%, conforme texto original. Para essa regra (Figura 6) também foram criados *IfcSpace* por unidade, enquanto esses englobam os demais *IfcSpace* de cada compartimento. Em cada *IfcSpace* das unidades adaptadas também foi habilitada a propriedade *HandicapAccessible* [15], pois ela identifica que o objeto foi concebido para ser

acessível a pessoas com deficiência. Ressalta-se que como forma de padronização dos dados de identificação dos *IfcSpace* foram adotados as nomenclaturas e códigos das tabelas 4A e 4U, espaços e unidades, respectivamente, da norma de classificação NBR 15965-6 [16].

**Figura 6: Regra automatizada para verificar a quantidade mínima de unidades adaptadas em relação a quantidade total do empreendimento.**




Nota: na imagem é detectado um erro, pois o empreendimento possui 174 unidades no total e possui apenas 3 unidades adaptadas. Atendendo adequadamente aos 3%, o correto seria o empreendimento apresentar 6 quantidades adaptadas. Fonte: os autores.

A partir dos recursos de classificação e *Information Takeoff* (ITO) do Solibri, todas as áreas puderam ser contabilizadas. Essas extrações foram combinadas com recursos de um *template* Excel, que possibilitou o cálculo de itens específicos exigidos pelo Decreto, como por exemplo as áreas mínimas sobre espaços de lazer cobertos e descobertos dentro do empreendimento (Figura 7).

**Figura 7: Extração de áreas para verificar a conformidade do espaço reservado para lazer descoberto e lazer coberto. Extração dos ITOs no Solibri (à esquerda); *template* Excel (à direita).**



Fonte: os autores.

Nesse mesmo *template* Excel outros cálculos e resultados foram alcançados, como por exemplo as informações de regularidade dos recuos. Como os modelos de teste tem sua localização no perímetro da OUCAE, setor Jabaquara, foram utilizados os parâmetros requeridos para essa região na verificação dos recuos mínimos (Figura 8). Dentro do próprio Excel foi adotada uma simbologia visualmente similar ao apontamento de falhas que o Solibri faz na aba *checking* onde as regras são executadas.

**Figura 8: Verificação dos recuos, combinando a extração de dados do Solibri com *template* Excel.**

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Dimensões Afastamentos | | | | |
| 2 | Zona | | | | |
| 3 | Jabaquara | Dimensões Mínimas | | | |
| 4 | Frontal | 5 | | | |
| 5 | Lateral | 3 | | | |
| 6 | Fundo | 5 | | | |
| 7 | GUID | CTS - Def. Afastamentos | Bounding Box Width | Dimensões Mínimas | Status |
| 8 | 2iSRrthKb | Frontal | 4,801 | 5 | Δ |
| 9 | 2iSRrthKb | Lateral | 3,785 | 3 | Ok |
| 10 | 2iSRrthKb | Fundo | 3,821 | 5 | Δ |
| 11 | 2iSRrthKb | Lateral | 3,8 | 3 | Ok |

Fonte: os autores.

A análise baseada em regras de verificação automatizada, quando comparadas com a análise manual, permitiu eliminar critérios de amostragem, permitindo uma checagem total dos modelos e elementos que os constituem. As regras podem ser facilmente modificadas por qualquer usuário do software, seja incluindo variáveis ou revendo os parâmetros adotados. Sendo assim, a equipe da Sondotécnica é treinada e habilitada a fazer ajustes, caso a demanda exija, de acordo com a autonomia que o Solibri oferece.

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo viabilizar uma análise técnica automatizada sobre aspectos presentes no Decreto de HIS Nº 59.885, por meio da utilização do software

Solibri dentro de uma parceria entre equipes da Sondotécnica e CADTEC. Antes da elaboração das regras em si, como processo metodológico, foi necessária a interpretação e tradução do texto original, promovendo maior assertividade na elaboração e execução das regras.

Com a implementação das regras, foi percebido pela equipe da Sondotécnica: (i) ganho em tempo e confiabilidade, com as regras é possível examinar detalhes no projeto na sua totalidade; (ii) possibilidade de aferir diretamente as informações apresentadas em relatórios pela projetista, com o que de fato consta no modelo IFC; (iii) ganho à projetista e analistas, a gerenciadora é responsável por atestar o atendimento ao Decreto de HIS no projeto e qualidade dos modelos, cumprindo com os prazos estabelecidos para devolução das análises, daí a relevância da praticidade e eficácia das regras; (iv) ganho no cumprimento do decreto, essa checagem automatizada colabora com o desenvolvimento do projeto legal, a ser aprovado junto a Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL).

O próprio fluxo de trabalho durante o desenvolvimento do pacote de regras sobre o Decreto Nº 59.885, permitiu levantar determinadas necessidades, como por exemplo, a padronização sobre a modelagem, nomenclatura e classificação dos *IfcSpaces*, que são essenciais à qualidade do modelo e à qualidade da análise por consequência. Esse tipo de requisito torna-se imprescindível dentro dos requisitos da contratante, e têm sido discutidos com os clientes da Sondotécnica para que passem a constar nos documentos pertinentes de contratação.

O propósito da Sondotécnica é permanecer criando pacotes de regras sobre leis, decretos, normas, diretrizes de concessionárias e instruções técnicas do Corpo de Bombeiros, aumentando o potencial de análise de projetos dentro do gerenciamento, diminuindo assim os prazos e economizando recursos. Ainda não concluída, já está sendo aplicado o mesmo processo com o Código de Obras e Edificações de São Paulo (Lei nº 16.642:2017/Decreto nº 57.776:2017).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Secretaria Municipal de Habitação da Prefeitura de São Paulo (SEHAB-SP) pela autorização na utilização dos modelos, divulgação do material e incentivo ao desenvolvimento desse trabalho. À equipe CADTEC pela parceria e trabalho colaborativo para que essas análises automatizadas pudessem ser feitas com excelência. À Sondotécnica, pelo incentivo aos avanços tecnológicos dentro das equipes de diferentes contratos e pelo apoio na disseminação dos resultados.

## REFERÊNCIAS

[1] SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language. 2016.

[2] BIM DICTIONARY. **Code Checking & Validation**. Disponível em: <https://bimdictionary.com/en/code-checking-validation/1>. Acesso em: 16 maio. 2024.

[3] BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes (IFC)**. , 2019. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>. Acesso em: 3 maio. 2024

[4] YANG, Q. Z.; XU, X. Design knowledge modeling and software implementation for building code compliance checking. **Building and Environment**, v. 39, n. 6, p. 689–698, jun. 2004.

[5] SOBHKHIZ, S. et al. Framing and Evaluating the Best Practices of IFC-Based Automated Rule Checking: A Case Study. **Buildings**, v. 11, n. 10, p. 456, 3 out. 2021.

[6] FISCHER, S. et al. Automation of escape route analysis for BIM-based building code checking. **Automation in Construction**, v. 156, p. 105092, dez. 2023.

[7] ALTINTAŞ, Y. D.; İLAL, M. E. Integrating building and context information for automated zoning code checking: a review. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 27, p. 548–570, 23 maio 2022.

[8] SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation in Construction**, v. 53, p. 69–82, maio 2015.

[9] SEHAB, S. M. DE H. **Caderno de Projetos em BIM**. 2. ed. São Paulo, SP: [s.n.].

[10] SEHAB, S. M. DE H. **Caderno de modelagem BIM: projetos de HIS**. 2. ed. São Paulo, SP: [s.n.].

[11] SÃO PAULO. **Decreto Nº 59.885 de 4 de novembro de 2020. Estabelece disciplina específica de parcelamento, uso e ocupação do solo, bem como normas edilícias para Habitação de Interesse Social, Habitação de Mercado Popular, Empreendimento de Habitação de Interesse Social - EHIS, Empreendimento de Habitação de Mercado Popular - EHMP e Empreendimento em Zona Especial de Interesse Social - EZEIS, nos termos das Leis nº 16.050, de 31 de julho de 2014, nº 16.402, de 22 de março de 2016 (LPUOS) e nº 16.642, de 09 de maio de 2017 (COE).** Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/>. Acesso em: 29 maio. 2024.

[12] EASTMAN, C. et al. Automatic rule-based checking of building designs. **Automation in Construction**, v. 18, n. 8, p. 1011–1033, dez. 2009.

[13] NETO, A. I. D. B. M.; SANTOS, E. T. **VERIFICAÇÃO DE REGRAS EM MODELOS BIM: UM ESTUDO DE CASO SOBRE PROJETO DE ARQUITETURA DE ESTAÇÕES METROVIÁRIAS**. Anais do VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção - Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM. **Anais**... Em: VII ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO - EDIFICAÇÕES, INFRA-ESTRUTURA E CIDADE: DO BIM AO CIM. Recife, Brasil: Editora Edgard Blücher, nov. 2015. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/20578>. Acesso em: 16 maio. 2024

[13] KATER, M.; RUSCHEL, R. C. O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medidas de segurança contra incêndio em BIM. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 4, p. 423–444, dez. 2020.

[14] BUILDINGSMART. **HandicapAccessible - IFC 4.3.2 Documentation**. Disponível em: <https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4x3/HTML/property/HandicapAccessible.htm>. Acesso em: 29 maio. 2024.

[15] ABNT, A. B. D. N. T. **NBR 15965-6: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 6: Unidades e espaços da construção**. Rio de Janeiro, 2022.