



Desenvolvimento de plug-in BIM para verificação de conformidade de Projetos Arquitetônicos segundo as Leis Municipais – O Caso de Passo Fundo/RS

Development of BIM plug-in to verify compliance of Architectural Projects according to Municipal Laws – The Case of Passo Fundo/RS

Desarrollo de plug-in BIM para verificar el cumplimiento de los Proyectos Arquitectónicos según las Leyes Municipales – El Caso Passo Fundo/RS

Lucas Haas

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, ATITUS Educação, Brasil.
lucashaas3@gmail.com

Tháisa Leal da Silva

Professora Doutora, ATITUS Educação, Brasil.
thaisa.silva@atitus.edu.br

Recebido: 20 de abril de 2024

Aceito: 27 de julho de 2024

Publicado online: 07 de outubro de 2024



RESUMO

A indústria da construção civil tem um papel relevante na geração de empregos e no desenvolvimento socioeconômico das cidades, no entanto existe uma dificuldade enfrentada por arquitetos e urbanistas devido à demora na aprovação de projetos arquitetônicos pelas prefeituras municipais, atribuída a não conformidade dos projetos com as leis municipais. Nesse contexto, este trabalho propõe o uso da programação em software BIM (Building Information Modeling), com o objetivo de desenvolver um plug-in para auxiliar no processo de aprovação de projetos arquitetônicos em conformidade com as leis e regulamentações municipais de Passo Fundo-RS. A metodologia adotada baseou-se em uma revisão aprofundada de literatura, levantamento documental, e desenvolvimento de um protótipo de plug-in para Revit, desenvolvido em Dynamo usando a linguagem Python. O protótipo proposto envolve a integração de dados urbanísticos ao Revit para automatizar a coleta de informações como dimensões de edifícios, áreas de lote, recuos, entre outras métricas. Os resultados revelaram que a implementação de rotinas de programação em BIM, especialmente para Revit, tem potencial para reduzir significativamente os tempos de espera para aprovação de projetos na prefeitura, melhorando sua adequação às normas municipais, e minimizando pendências e retrabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Programação em BIM. Projetos Arquitetônicos. Dynamo. Parametrização.

SUMMARY

The construction industry plays a significant role in job creation and the socioeconomic development of cities. However, architects and urban planners face challenges due to the delay in the approval of architectural projects by municipal governments, attributed to the non-compliance of projects with local laws. In this context, this study proposes the use of programming in BIM (Building Information Modeling) software, with the aim of developing a plug-in to assist in the process of approving architectural projects in compliance with the municipal laws and regulations of Passo Fundo-RS. The methodology adopted was based on a thorough literature review, document analysis, and the development of a plug-in prototype for Revit, developed in Dynamo using the Python language. The proposed prototype involves the integration of urban data into Revit to automate the collection of information such as building dimensions, lot areas, setbacks, and other metrics. The results revealed that the implementation of programming routines in BIM, especially for Revit, has the potential to significantly reduce the waiting times for project approvals by the municipal government, improve their compliance with local regulations, and minimize pending issues and rework.

KEYWORDS: Programming in BIM. Architectural Projects. Dynamo. Parameterization.

RESUMEN

La industria de la construcción juega un papel significativo en la creación de empleo y el desarrollo socioeconómico de las ciudades. Sin embargo, arquitectos y urbanistas enfrentan desafíos debido a la demora en la aprobación de proyectos arquitectónicos por parte de los gobiernos municipales, atribuida al incumplimiento de los proyectos con las leyes locales. En este contexto, este estudio propone el uso de programación en software BIM (Building Information Modeling), con el objetivo de desarrollar un complemento para asistir en el proceso de aprobación de proyectos arquitectónicos en conformidad con las leyes y regulaciones municipales de Passo Fundo-RS. La metodología adoptada se basó en una revisión exhaustiva de la literatura, análisis documental y el desarrollo de un prototipo de complemento para Revit, desarrollado en Dynamo utilizando el lenguaje Python. El prototipo propuesto implica la integración de datos urbanísticos en Revit para automatizar la recopilación de información como dimensiones de edificios, áreas de lotes, retiros, entre otras métricas. Los resultados revelaron que la implementación de rutinas de programación en BIM, especialmente para Revit, tiene el potencial de reducir significativamente los tiempos de espera para la aprobación de proyectos por parte del gobierno municipal, mejorar su conformidad con las regulaciones locales y minimizar problemas pendientes y retrabajos.

PALABRAS CLAVE: Programación en BIM. Proyectos Arquitectónicos. Dynamo. Parametrización.



1 INTRODUÇÃO

Os projetos arquitetônicos submetidos à aprovação na prefeitura de cada município muitas vezes têm seu desenvolvimento atrasado em função de uma demora significativa para esse procedimento, principalmente, em virtude da complexidade normativa das leis municipais. Tal complexidade não apenas impacta a celeridade da aprovação, mas também representa um desafio para a própria concepção dos projetos. Isso porque a necessidade de conciliar diferentes regulamentos municipais desencadeia uma série de revisões nos projetos arquitetônicos, levando a um adiamento considerável para o início das obras, além de impactar na viabilidade financeira e excelência técnica dos projetos desenvolvidos por profissionais qualificados e com expertise na área de atuação.

É importante destacar que um dos principais avanços tecnológicos da construção civil consiste na aplicação do *Building Information Modeling (BIM)* à atividade de desenvolvimento de projetos arquitetônicos, que permite a gestão integrada de projetos e processos de construção, desde a concepção até a manutenção do edifício. Uma das principais referências sobre o BIM é o "Manual de BIM", de Chuck Eastman et al. (2014), apresentando de forma detalhada o conceito, as práticas, as tecnologias e os impactos do BIM no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). De acordo com os autores, o BIM é uma mudança paradigmática na forma como os projetos de construção são concebidos, construídos e gerenciados, uma vez que essa tecnologia possibilita a criação de modelos virtuais 3D precisos e detalhados, que são capazes de incorporar informações de diversos sistemas e subsistemas da edificação. Com isso, é possível realizar simulações e análises que antes eram feitas apenas após a conclusão da construção, permitindo identificar e corrigir problemas antes mesmo do início da obra. O BIM também permite uma melhor gestão de custos e prazos, facilitando a tomada de decisões e minimizando possíveis erros ou retrabalhos. De fato, o BIM pode ser considerado como uma evolução do processo de projeto, já que oferece novas possibilidades de visualização e processamento da informação.

De acordo com Romero e Scheer (2009), a parametrização dos elementos construtivos na modelagem BIM permite que o projeto seja alterado de forma mais eficiente e rápida. Essa característica é especialmente útil quando se trata de adequar o projeto às legislações municipais, que muitas vezes exigem modificações específicas em elementos como escadas, elevações, entre outros. Com a interconexão e integração dos elementos no BIM, é possível obter atualizações instantâneas que refletem em todo o projeto, reduzindo conflitos e facilitando as revisões necessárias para aprovação de um projeto na prefeitura, além de resultar em maior produtividade e eficiência no processo de aprovação de projetos na prefeitura.

O presente artigo tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de plug-in com o intuito de otimizar o processo de verificação da conformidade dos projetos arquitetônicos com as regulamentações municipais de Passo Fundo-RS. De fato, trata-se de uma rotina de verificação da conformidade dos projetos em relação às normas da zona urbana, identificando e destacando discrepâncias, usando um template específico no Revit. Portanto, é uma ferramenta capaz de simplificar e automatizar aspectos críticos deste processo, o que representa um avanço significativo na forma como arquitetos e urbanistas se aproximam do processo de design e aprovação, potencializando a eficiência e a precisão dos projetos.



2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nessa pesquisa foi dividida em quatro etapas principais: Revisão de Literatura, Levantamento Documental, Desenvolvimento do Protótipo de Plug-in, e Análise e Discussão dos Resultados.

A primeira etapa adotada envolveu um processo de revisão de literatura sobre quatro tópicos fundamentais, que são: o uso da tecnologia na arquitetura, a evolução dos softwares arquitetônicos, o uso de Building Information Modeling (BIM) e a programação na arquitetura.

A segunda etapa da metodologia consistiu em realizar o levantamento documental das leis municipais de Passo Fundo, incluindo o Plano Diretor (Lei Complementar nº 170 de 09 de outubro de 2006) o Código de Obras (Lei Complementar nº 399 de 07 de novembro de 2016) a fim de identificar quais os processos para a aprovação de projetos e as principais diretrizes de projeto exigidas pela Prefeitura Municipal de Passo Fundo.

A terceira etapa foi o desenvolvimento do protótipo de plug-in com base nos requisitos de projeto exigidos pela prefeitura de Passo Fundo para aprovação de acordo com as leis municipais, identificados na etapa anterior de levantamento documental e análise desses documentos. O plug-in foi desenvolvido utilizando a ferramenta de programação visual Dynamo (PRIMER, 2023) para Revit.

A quarta etapa correspondeu a análise e teste do protótipo de plug-in desenvolvido visando demonstrar seu funcionamento e identificar suas potencialidades, bem como possíveis fragilidades do mesmo, para que fosse possível propor ajustes e melhorias futuras.

3 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do protótipo de plug-in de verificação de conformidade foi dividido em oito etapas, conforme os procedimentos necessários para construção de uma rotina com os recursos do Dynamo para Revit, no BIM. Além disso, a rotina de verificação de conformidade necessita de um template específico para ter acesso a base de dados do Revit, em que foram inseridos dados urbanísticos específicos, essenciais para a verificação de conformidade do projeto com as diretrizes estabelecidas. A seguir estão apresentadas as oito etapas de desenvolvimento do protótipo.

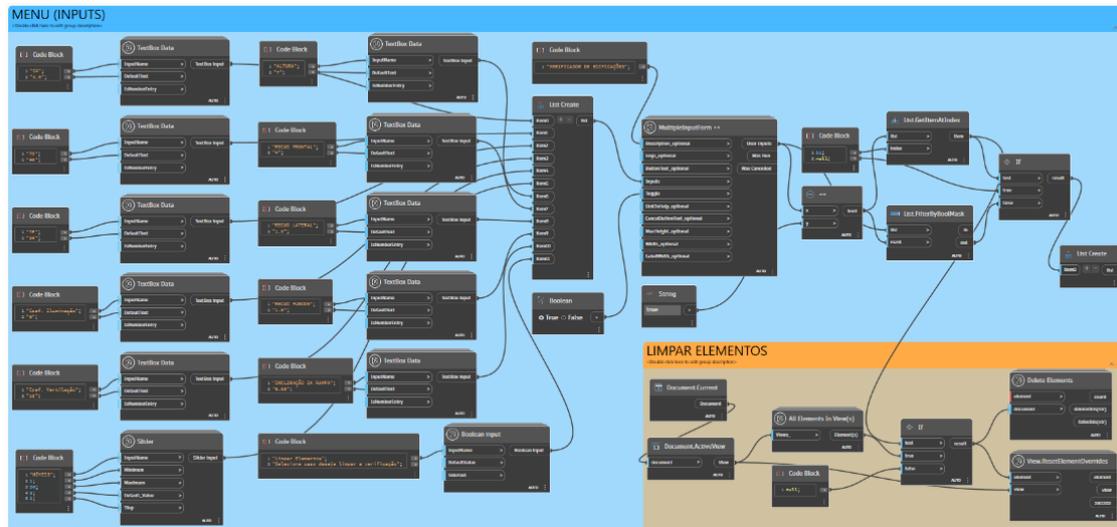
Etapa 1: Criação de Interface de Usuário

Nesta etapa foi criada uma interface de usuário configurável permitindo que o usuário forneça os dados de projeto. Na Figura 1, que traz parte da programação visual em “nodos ou nós” desenvolvida utilizando o Dynamo, os “Code blocks” e os elementos “TextBox Data” trabalham em conjunto para coletar e organizar parâmetros como altura, taxa de ocupação, taxa de permeabilidade, coeficientes de ventilação e iluminação, recuos, e inclinação da rampa, que são essenciais no processo de design e conformidade normativa de projetos arquitetônicos. Já o uso do nó “Slider” facilita o ajuste dinâmico de um determinado valor dentro de um intervalo definido, fornecendo interatividade e controle granular aos usuários para a definição do número de pavimentos da edificação.

Na parte inferior da Figura 1, na área cor de laranja, o grupo “Limpar Elementos”

mostra um processo destinado à manutenção do processo de verificação. Esses elementos servem para coletar todos os elementos da vista no Revit e limpar as cores vermelhas pintadas nos elementos em desacordo. Cada vez que o projeto for testado e reprovado, o usuário poderá limpar esses elementos para fazer as correções para testar novamente com a vista limpa.

Figura 1 – Programação visual em Dynamo para desenvolvimento da Interface do Usuário



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Etapa 2: Análise de esquadrias

Nesta etapa, o procedimento para análise de esquadrias, mais especificamente das janelas, que são referenciadas pela categoria "Rooms" no Revit, foi desenvolvido começando pela seleção de todas as janelas, garantindo que apenas os elementos pertinentes à fase atual de construção fossem considerados.

Assim, a próxima ação consiste na coleta de parâmetros específicos dos elementos selecionados, ou seja, a altura e a largura. Estes parâmetros são essenciais para o cálculo subsequente da área de cada janela, um passo importante na avaliação de conformidade com normas de iluminação natural e ventilação, critérios esses que foram definidos pelo usuário no "Menu de inputs" apresentado na Figura 1.

Na Figura 2, o diagrama apresenta uma série de operações matemáticas destinadas a calcular a área total das janelas, que em seguida é comparada com os dados obtidos com os requisitos de iluminação e ventilação estabelecidos anteriormente pelo usuário. Essa comparação é de extrema importância para assegurar que os ambientes cumpram com os padrões estabelecidos para o bem-estar e eficiência energética dos espaços internos. Após a execução dos cálculos, uma lista é criada para compilar todos os dados relevantes.

Dando continuidade à análise das esquadrias, a rotina encaminha-se para a seção de cotas, em que os nós são configurados para coletar dados da categoria "Dimensions" (cotas) no Revit, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Programação em Dynamo para verificação das cotas



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Desse modo, o processo avança para o filtro de cotas por tipo para identificar aquelas que correspondem aos critérios estabelecidos. Tendo realizada a filtragem das cotas, os valores dessas cotas são extraídos e organizados em uma lista. É uma etapa importante, pois visa preparar os dados para o próximo estágio, onde estes valores serão comparados com os valores de entrada fornecidos pelo usuário. Esse processo de comparação é essencial para determinar se as dimensões do projeto estão alinhadas com as expectativas e com os padrões necessários para a funcionalidade e conformidade do edifício.

Etapa 3: Análise dos níveis de construção e elevação do telhado

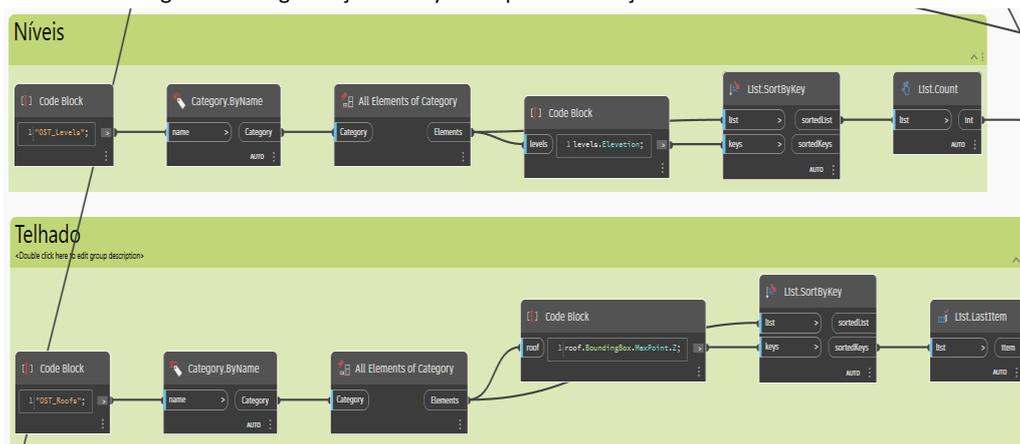
Nesta etapa, o foco do procedimento foi a análise dos aspectos verticais do edifício, abordando a coleta e o processamento de informações relativas aos níveis de construção e à elevação do telhado. Dentro do grupo "Níveis" apresentado na Figura 5, a rotina é iniciada com um code block definindo a busca pela categoria "Levels" (níveis), seguido pelo nó "Category.ByName", que é responsável pelo processo de seleção específica dentro do Revit.

Desse modo, todos os elementos desta categoria são coletados e suas elevações são extraídas, sendo um dado importante para determinar a quantidade de andares do edifício, fornecendo uma visão geral da distribuição vertical do projeto.

Em paralelo, no grupo "Telhado", a rotina utiliza um processo similar para identificar o ponto mais alto do telhado, o que é fundamental para mapear a altura máxima da edificação.

Ambos os conjuntos de dados, dos níveis e do telhado, são então organizados e analisados. Os níveis são ordenados e quantificados para fornecer o número total de andares, enquanto a altura máxima do telhado é estabelecida pela elevação da cumeeira.

Figura 5 – Programação em Dynamo para verificação dos Níveis e do Telhado

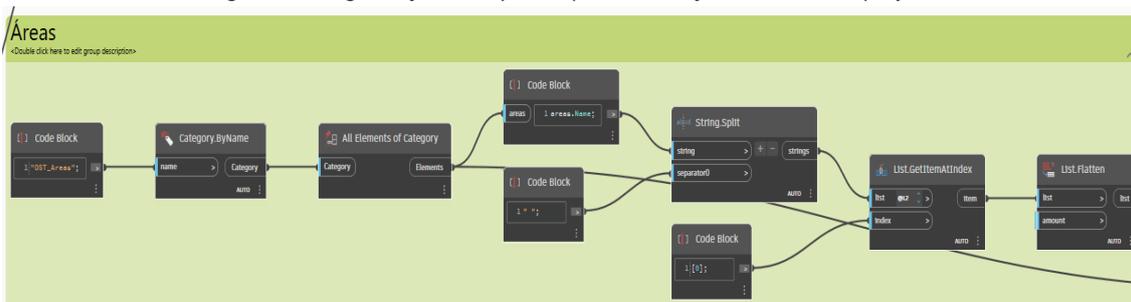


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Etapa 4: Análise das Áreas dentro do projeto

Nesta etapa é realizada a coleta das áreas dentro do projeto, que é um procedimento que tem seu início com a definição do alvo da busca, especificando a categoria "Areas" (Figura 6) por meio de um Code Block, que serve como um filtro inicial para a seleção de elementos no Revit. Desse modo, os dados coletados são analisados posteriormente com os dados dos inputs (entradas) do usuário, com o intuito de calcular os índices urbanísticos e verificar se estão conformes ou desconformes com a Lei Municipal.

Figura 6 – Programação em Dynamo para verificação das Áreas do projeto



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Etapa 5: Coleta de informações sobre as divisas do terreno dentro do BIM

Nesta etapa, o foco é desenvolver o procedimento para a coleta de informações sobre as divisas do terreno dentro do modelo BIM. Assim, o primeiro passo é fazer a especificação das Linhas de Propriedade do Modelo no Revit, que são elementos usados para representar os limites legais do lote, como linhas de divisa. Desse modo, a rotina seleciona todos os elementos desta categoria, facilitando a identificação das fronteiras do terreno e as áreas de recuo necessárias, o que é essencial para verificar as limitações espaciais do projeto, além de assegurar que o projeto da construção considere os parâmetros estabelecidos e as restrições legais do lote.

Em seguida, são extraídos os parâmetros de área. É necessário destacar a importância

da captura dessa informação, pois a área total do lote impacta diretamente em uma série de decisões de projeto, incluindo o dimensionamento e a distribuição das edificações no espaço disponível. Assim, ao obter as áreas das linhas de divisa do lote, a rotina prepara o terreno para uma análise de como o espaço pode ser otimizado de acordo com os regulamentos de zoneamento urbano e as exigências do projeto, o que permite que sejam realizados cálculos subsequentes para índices de construção e taxas de ocupação.

Etapa 6: Análise das Rampas do Projeto

Nesta etapa o procedimento cuidou dos aspectos relacionados com as rampas do projeto, que se iniciou com a seleção dos elementos da categoria "Ramps" no Revit, que permite identificar todas as rampas presentes no modelo arquitetônico.

Em seguida, é desenvolvida uma comparação destes dados de inclinação com os critérios definidos pelo usuário. Se a inclinação de uma rampa não estiver em conformidade com os parâmetros estabelecidos, altera-se a cor da rampa para vermelho no modelo, servindo como um alerta visual que destaca a necessidade de revisão ou modificação do elemento em questão.

Etapa 7: Cálculo de índices urbanísticos

Nesta etapa, o procedimento de criação da rotina consiste no cálculo de índices urbanísticos (Figura 7) que é uma fase decisiva para a verificação da conformidade do projeto com os regulamentos de planejamento urbano. Assim, a rotina estrutura dados para o cálculo dos índices de acordo com as áreas de construção, projeção e permeável do modelo do Revit.

Figura 7 – Programação em Dynamo do Cálculo dos Índices Urbanísticos



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Esse processo é executado ao acessar os valores de parâmetros específicos associados a essas áreas e os cálculos realizados levam em consideração os dados do projeto e os inputs (entradas) do usuário, incluindo as especificações detalhadas do coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação, taxa de permeabilidade, níveis, altura e recuos.

Etapa 8: Análise de conformidade das cotas no Revit

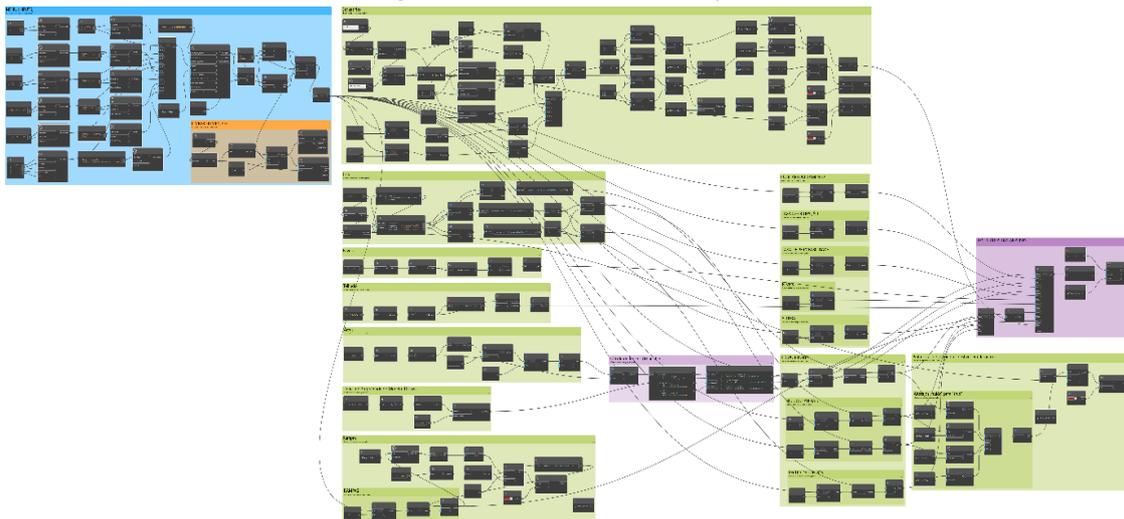
Nesta etapa, o procedimento consiste na análise de conformidade das cotas no projeto Revit. Os nós são configurados para verificar se as cotas estão de acordo com os critérios estabelecidos e, caso não estejam, para aplicar uma ação visual que destaca em vermelho essas discrepâncias.

Após a etapa inicial de inserção de dados no “Menu de Inputs”, todos os processos, desde a coleta de dados de elementos específicos do projeto até a validação das cotas, são executados de maneira sequencial. Cada conjunto de nós que coleta dados — áreas, níveis, esquadrias e divisas — trabalha em conjunto com a fase de validação, que checa essas informações em relação aos critérios do usuário. Esse encadeamento assegura que, uma vez que os dados são coletados, eles são imediatamente avaliados para garantir que estão em conformidade, tudo dentro da mesma fase de processamento da rotina.

Todos os dados coletados e verificados nas fases anteriores convergem para a próxima fase, onde um script (código) em Python é responsável por realizar o processamento final. O script analisa cada conjunto de dados em busca de conformidade ou desconformidade com os critérios estabelecidos. Assim, os resultados dessa análise são sintetizados em uma mensagem que será exibida diretamente no Revit, se todos os parâmetros estiverem em conformidade, a mensagem confirmará que o projeto está de acordo com os requisitos. Caso contrário, ela indicará as áreas de desconformidade que necessitam de passar por uma revisão.

Para finalizar a explicação do desenvolvimento do protótipo de plug-in, é apresentado na Figura 8 uma visão geral da cadeia de processos estabelecidos, onde a região em azul destaca a fase inicial onde os usuários fornecem os inputs - esses são os dados essenciais que direcionam todas as análises subsequentes, incluindo parâmetros variados, desde dimensões de elementos até requisitos específicos de zoneamento.

Figura 8 – Overview da rotina completa



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A região em laranja (Figura 8) identifica a fase de limpeza de elementos, constitui uma etapa importante para assegurar que o modelo esteja livre de quaisquer dados redundantes ou desnecessários que possam obstruir ou confundir as análises futuras. Já a grande área em verde representa o coração do processamento de dados, em que todos os elementos coletados - áreas, níveis, esquadrias, cotas e rampas - são submetidos a uma verificação de conformidade. Nessa parte da rotina, os dados do modelo são comparados com os inputs fornecidos e as normas aplicáveis, para garantir que o projeto esteja de acordo com todos requisitos.

Por fim, a seção em roxo (Figura 8) encapsula a análise final dos dados e a geração de

outputs (saídas). Um script em Python executa o cálculo dos índices urbanísticos, levando em conta todas as variáveis relevantes do projeto. Dependendo dos resultados dessas análises, mensagens de conformidade ou desconformidade são geradas, proporcionando feedback claro e direto aos usuários através da interface do Revit.

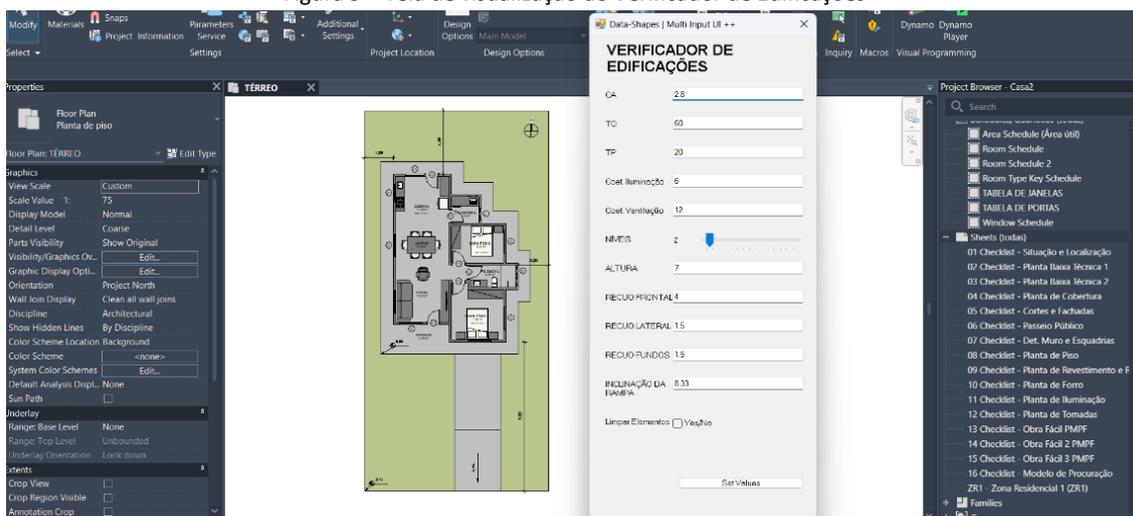
Essa rotina inteira é um exemplo de como a automação pode ser aplicada no contexto do BIM para conduzir verificações de conformidade de maneira eficiente, reduzindo o risco de erros e assegurando que o projeto atenda a todas as normas e regulamentações antes de avançar para a fase de execução ou entrega.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para verificar se o plug-in de verificação de conformidade desenvolvido atende aos objetivos propostos, desenvolveu-se uma simulação da execução desse plug-in tendo em vista a aprovação de projetos conforme as leis urbanísticas municipais de Passo Fundo-RS.

Para executar o plug-in de verificação de conformidade, o procedimento inicial é acionado através do dynamo player. Além disso, é necessário carregar o template criado previamente, juntamente com as pré-configurações do projeto. Após executar o plug-in, uma tela é aberta exibindo alguns valores pré-definidos (Figura 9) e para o preenchimento é necessário extrair as informações solicitadas dos relatórios elaborados, bem como do plano diretor ou código de obras da localidade. Nesta simulação, os valores pré-definidos correspondem às legislações urbanísticas de Passo Fundo-RS e servem como base para que o plug-in possa compará-los com o que está definido no projeto.

Figura 9 – Tela de visualização do Verificador de Edificações



Fonte: Elaborado pelo pesquisador, 2024.

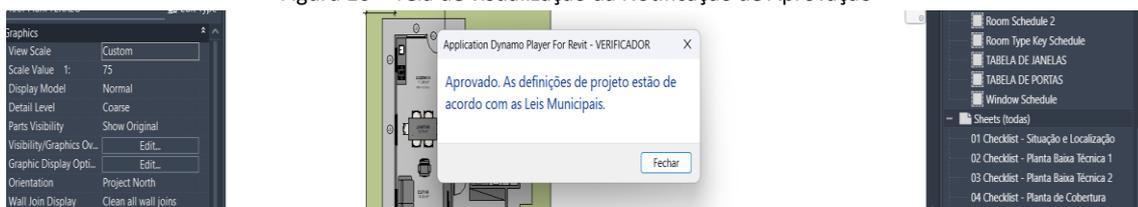
Conforme a Figura 9, o termo "CA" refere-se ao coeficiente de aproveitamento, "TO" à taxa de ocupação e "TP" à taxa de permeabilidade. Os coeficientes de iluminação e ventilação frequentemente são expressos na legislação como frações (1/6 e 1/12), mas para facilitar os cálculos, foram convertidos para números inteiros. O campo "Níveis" indica quantos andares a construção terá, enquanto o campo "Altura" deve receber a altura máxima permitida para a edificação de acordo com o plano diretor. Quanto aos recuos, é necessário informar quantos

metros a legislação permite em cada lado. O recuo lateral e de fundos está predefinido em 1,50m, de modo que a cota seja inclusa no projeto se houver alguma janela nessas orientações, conforme permitido pela prefeitura de Passo Fundo. E a inclinação padrão para rampas é de 8,33%, no entanto, para rampas de veículos, pode chegar até 20%.

A caixa de seleção "Limpar Elementos" é utilizada após uma verificação que identifica irregularidades, sinalizadas em vermelho pelo plug-in. Ao acionar esse botão, a rotina limpa o desenho do projeto para permitir uma nova verificação.

Considerando que o projeto em análise, nesta simulação, foi desenvolvido em conformidade com os parâmetros estabelecidos pelas legislações urbanísticas, ao acionar a opção do botão "Set Values", o plug-in apresenta uma notificação de aprovação, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Tela de visualização da Notificação de Aprovação



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na Figura 11 é apresentada uma nova simulação, na qual os parâmetros estabelecidos foram excedidos para provocar a reprovação do projeto, que exibiu uma mensagem de feedback identificando os itens nos quais houve reprovação, além de destacar em vermelho os elementos correspondentes no desenho, conforme exemplo da Figura 11.

Figura 11 – Tela de visualização da Mensagem de Reprovação do Projeto



Fonte: Elaborado pelo pesquisador, 2024.

A mensagem de reprovação, destacando os pontos em que o projeto não atende aos critérios estabelecidos pelas leis urbanísticas (Figura 11), é uma funcionalidade extremamente importante para o trabalho de revisão dos arquitetos. Ao evidenciar especificamente as áreas de não conformidade, ela oferece uma orientação clara sobre quais aspectos precisam ser ajustados para garantir a conformidade do projeto com as regulamentações municipais.

Além disso, a identificação visual em vermelho dos elementos reprovados na planta



do projeto é importante, pois permite que o arquiteto identifique e visualize com rapidez as áreas problemáticas do projeto, permitindo que concentre seus esforços de revisão de forma mais assertiva. Em projetos de grande complexidade, essa estratégia economiza tempo e recursos, possibilitando ajustes precisos e oportunos de forma efetiva e eficiente.

Após as revisões e correções, é feita a solicitação para que a rotina remova as marcações feitas anteriormente e seja novamente executada a rotina para a aprovação do projeto. Desse modo, as rotinas automatizadas implementadas em um plug-in BIM permitem uma análise mais rápida e precisa, identificando discrepâncias e garantindo que os projetos atendam às exigências locais antes da submissão final, o que reduz substancialmente a incidência de pendências e revisões. Também foi possível perceber como a automatização, por meio de rotinas, pode simplificar a verificação da conformidade regulatória, potencializando a precisão das avaliações, oferecendo uma segurança adicional no processo de aprovação, garantindo que todos requisitos sejam avaliados assertivamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um protótipo de plug-in para verificação da conformidade dos projetos arquitetônicos segundo as leis municipais de Passo Fundo/RS.

Assim, a partir da execução do plug-in de verificação de conformidade foi possível identificar tanto a conformidade quanto a não conformidade dos projetos testados, demonstrando que o uso de rotinas automatizadas no Dynamo para Revit podem otimizar os processos de verificação da conformidade de projetos arquitetônicos com as regulamentações municipais de Passo Fundo/RS, evidenciando a intersecção entre tecnologia e prática regulatória e sugerindo uma nova dimensão no design e verificação de projetos.

Além disso, foi possível verificar a efetiva possibilidade de reduzir os prazos de verificação de conformidade dos projetos arquitetônicos, que no processo tradicional pode estender-se por semanas ou até meses, dependendo da complexidade do projeto e da eficiência dos processos administrativos municipais.

Assim, o emprego de rotinas automatizadas desenvolvidas no Dynamo para Revit, adaptadas para verificar a conformidade dos projetos arquitetônicos com as leis municipais de Passo Fundo/RS, evidencia a expressiva interação entre as novas tecnologias e as práticas estabelecidas no campo da arquitetura e urbanismo, particularmente no contexto da conformidade regulatória.

A implementação dessas rotinas no plug-in BIM desenvolvido demonstrou que a integração de ferramentas digitais avançadas no processo de design e aprovação pode resultar em melhorias substanciais na eficiência, precisão e velocidade dos procedimentos regulatórios, além de potencializar a capacidade dos profissionais de focar no aspecto criativo e inovador do design arquitetônico, aspectos que são frequentemente ofuscados pelas exigências burocráticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da ATITUS Educação e à



Fundação Meridional, os quais disponibilizaram os meios para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BIBLUS. BIM e Arquitetura. **As dimensões do BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D**. Editorial Team, 17 de abril de 2017. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

CONDE, Juliana. Como o Dyanmo é capaz de otimizar fluxos de trabalho em escritórios de arquitetura. **Mundo AEC, Soluções da Autodesk Brasil**, 20 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/como-o-uso-do-dynamo-e-capaz-de-otimizar-fluxos-de-trabalho-01-programflow-png/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

EASTMAN, Chuck et al. Manual de *BIM*: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. [S. l.: s. n.], 2014.

FERREIRA, Edson Matheus Santos. **Programação em plataforma BIM**: Desenvolvimento de rotinas em programação visual computacional para o dimensionamento de sistemas prediais de água fria e água quente de acordo com a ABNT NBR 5626. 2022. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia (UFU), 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/34736/3/Programa%C3%A7%C3%A3oPlataformaBIM.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GLICK, S.; GugGemos, A. IPD and BIM: Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. **Proceedings of the 45th ASC National Conference**, Gainesville, Florida, April 2-4 2009.

GOYAL, L. K. et al. Use of BIM in Development of Smart Cities: A Review. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 955, n. 1, p. 012010, 1 nov. 2020.

GUIA Orientativo de Boas Práticas para Códigos de Obras e Edificações. Programa Construa Brasil, Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. 2. ed. Brasília: MDICS, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil/2209ConstruaBrasilGuiaOrientativodeBoasPraticasParaCodigosdeEdificacoes1.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2023.

HOLZER, D. BIM and Parametric Design in Academia and Practice: The Changing Context of Knowledge Acquisition and Application in the Digital Age. **International journal of architectural computing**, 2015.

HOWELL, I.; BATCHELER, B. Building information modeling two years later — Huge potential, some success, and several limitations. **The Laiserin Letter** 24, 2005. Disponível em: http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf. Acesso em: 24 ago. 2023.

ILUSTRAÇÃO dos Recursos BIM. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.udemy.com/course/projetos-eletricos-no-revit-mep/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

KRON, Z. Autodesk University - Dynamo: Visual Programming for Design. **Tutorial Autodesk Help**, p. 1-56, 2013. Disponível em: https://help.autodesk.com/sfdcarticles/attachments/Dynamo_Visual_Programming_for_Design.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

LÓPEZ, Rubén. Data Hierarchy: configuration in Revit. **Modelical**, 12 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.modelical.com/en/gdocs/revit-data-hierarchy/>. Acesso em: 25 maio 2023.

NACARATO, Ricardo. Guia sobre código de obras: tudo que você precisa saber. Sienge softplan, Normas e Legislação, 24 de outubro de 2023. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/codigo-de-obras/#:~:text=C%C3%B3digo%20de%20obras%20do%20munic%C3%ADpio,%C3%A0s%20necessidades%20e%20caracter%3%ADsticas%20locais>. Acesso em: 05 jan. 2023.

NOLLE, Tom. **Application Program Interface (API)**. 2019. Disponível em:



<https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/application-program-interface-API>. Acesso em: 28 maio 2023.

PASSO FUNDO. Lei Complementar n. 170, de 09 de outubro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor Municipal. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-passo-fundo-rs/>. Acesso em: 25 maio 2023.

PASSO FUNDO. Lei Complementar Nº 399, de 07 de novembro de 2016. Dispõe sobre O Código de Obras Municipal. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-passo-fundo-rs/>

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO (PMPF). Passo Fundo avança para a 6ª maior economia do Estado. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.pmpf.rs.gov.br/secretaria-de-desenvolvimento-economico/2022/12/16/passo-fundo-avanca-para-a-6a-maior-economia-do-estado/>

PRIMER AUTODESK. Guia abrangente para a programação visual no Autodesk Dynamo. 2019. Disponível em: <https://primer.dynamobim.org/pt-br/index.html>. Acesso em: 20 set. 2023.

ROMERO, Juliana Maria; SCHEER, Sérgio. Potencial da Implementação da *BIM* no Processo de Aprovação de Projetos de Edificação na Prefeitura Municipal de Curitiba. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, [S. l.], p. 583-590, 20 nov. 2009.

SANTOS, Eduardo Ribeiro dos. BIM na verificação de requisitos em projetos de arquitetura. **Paisagens Híbridas**, n. 1, p. 258-279, 2020.

THÓRUS Engenharia. **Uma introdução à programação visual com Dynamo**. 28 de setembro de 2020. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br/uma-introducao-a-programacao-visual-com-dynamo/#> Acesso em: 25 set. 2023.