

BIM-FM COMO SUPORTE À GESTÃO DE ESPAÇOS DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: UMA APLICAÇÃO DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS

BIM-FM AS A SUPPORT FOR SPACE MANAGEMENT IN PUBLIC BUILDINGS: APPLICATION OF RULED-BASED CODE CHECKING

BIM-FM COMO SOPORTE PARA LA GESTIÓN DEL ESPACIO EN EDIFICIOS PÚBLICOS: APLICACIÓN DE LA VERIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE NORMATIVA

Alessandra Teixeira¹, Sergio Scheer¹

RESUMO:

A eficiência na gestão de imóveis da administração pública apresenta relevância para a promoção de melhorias na qualidade do orçamento público. No âmbito do governo brasileiro, há expressiva quantidade de imóveis e dados sobre a ocupação dos espaços a serem gerenciados e uma carência de sistemas de informação adequados. Nesse contexto, a implementação de tecnologias pode impulsionar a gestão em direção à digitalização. A adoção da Modelagem da Informação da Construção (BIM) promove a transformação digital na indústria da Construção. O uso para *Facility Management* é abreviado pelo termo BIM-FM. Este artigo aborda o BIM-FM para análises de ocupação dos espaços e teve como objetivo validar ferramenta de verificação automática de regras para análises de critérios de ocupação. A *Design Science Research* (DSR) foi adotada como método para conduzir o trabalho. Para sua aplicação, selecionou-se um edifício em operação pela administração pública. O artefato da DSR se trata das diretrizes para a reprodução do estudo. A partir dos resultados, observaram-se benefícios na aplicação da ferramenta, destacando a capacidade de realizar simulações para alcançar uma ocupação otimizada máxima. Foram obtidos valores de incremento populacional ou redimensionamento de áreas. Também, identificou-se a necessidade de revisar requisitos de dimensionamento de espaços propostos pela administração pública. Demonstrou-se que a aplicação apresenta utilidade para a tomada de decisões por parte de gestores e que o cenário de superdimensionamento de espaços refuta os ideais de contenção de gastos requeridos pela administração pública.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem da informação da construção; *facility management*; gestão de espaços; verificação automática de regras

¹Universidade Federal do Paraná

Fonte de Financiamento:
Não há.

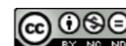
Conflito de Interesse:
Declara não haver.

Ética em Pesquisa:
Declarar não haver necessidade.

Submetido em: 14/09/2022
Aceito em: 20/06/2024

How to cite this article:

TEIXEIRA, A.; SCHEER, S. BIM-FM como suporte à gestão de espaços de edificações públicas: uma aplicação de verificação automática de regras. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v19, n2, 2024. <https://doi.org/10.11606/gtp.v19i2.20224>



ABSTRACT:

The efficiency in the management of public real estate is relevant for the promotion of improvements in the public expenditure controls. Under the Brazilian government, there is a significant amount of real estate and data about the occupancy of the spaces to be managed and a lack of adequate information. In this context, the implementation of technologies could push the administration towards digitalization. The adoption of Building Information Modeling (BIM) promotes digital transformation in the construction industry. Its application in Facility Management, is called BIM-FM. This paper has a focus on the application of BIM-FM for analysis of occupancy and had the objective on validating the use of a Ruled-based Code Checking solution in a BIM-FM model for occupancy criteria analysis. Design Science Research (DSR) was adopted as the method to conduct the paper. For application, a building in operation by the public administration was selected. The DSR artifact is the guidelines for the reproduction of the study. From the results, benefits were observed in the application of the tool, highlighting the ability to carry out simulations to achieve maximum optimized occupancy. Values were obtained for population increment or the re-dimensioning of areas. The need to review space sizing requirements proposed by the public administration was also identified. It was shown that the application is useful for decision making by managers and that the scenario of oversizing spaces refutes the ideals of cost containment required by the public administration.

KEYWORDS: *building Information modelling; facility management; space management; ruled-based code checking*

RESUMEN:

La eficiencia en la gestión de los bienes de la administración pública es relevante para promover mejoras en la calidad del presupuesto público. En el ámbito del gobierno brasileño, existe una cantidad importante de propiedades y datos sobre la ocupación de espacios a gestionar y una falta de sistemas de información adecuados. En este contexto, la implementación de tecnologías puede impulsar la gestión hacia la digitalización. La adopción del Building Information Modeling (BIM) promueve la transformación digital en la industria de la construcción. El uso de Facility Management se abrevia con el término BIM-FM. Este artículo aborda BIM-FM para el análisis de ocupación de espacios y tiene como objetivo validar una herramienta de verificación automática de reglas para analizar criterios de ocupación. Se adoptó la Investigación en Ciencias del Diseño (DSR) como método para realizar el trabajo. Para su aplicación se seleccionó un edificio en funcionamiento por la administración pública. El artefacto DSR son las pautas para reproducir el estudio. De los resultados se observaron beneficios en la aplicación de la herramienta, destacando la capacidad de realizar simulaciones para lograr la máxima ocupación optimizada. Se obtuvieron valores de aumento de población o redimensionamiento de área. Asimismo, se identificó la necesidad de revisar los requisitos de dimensionamiento de espacios propuestos por la administración pública. Se demostró que la aplicación es útil para la toma de decisiones de los gestores y que el escenario de sobredimensionamiento de espacios refuta los ideales de contención de costos exigidos por la administración pública.

PALABRAS CLAVE: *modelado de información de construcción; gestión de instalaciones; gestión del espacio; verificación automática de reglas*

INTRODUÇÃO

A eficiência na gestão de imóveis utilizados pela administração pública apresenta relevância para a promoção de melhorias na qualidade do orçamento público, no âmbito do governo federal, verifica-se uma expressiva quantidade de imóveis a serem gerenciados, tanto próprios como locados.

O Painel de Raio-X do governo apresenta esses dados, abrangendo cerca de 5.000 edifícios e salas. Dentro deste conjunto, aproximadamente 13% correspondiam a locações. (PAINEL DE RAIOS-X, 2022). Nesse contexto, destaca-se a despesa com aluguel, que no ano de 2021, foi superior a um bilhão de reais (PAINEL DE CUSTEIO ADMINISTRATIVO, 2022).

Nesse cenário, identifica-se a necessidade de avaliar o aproveitamento otimizado dos imóveis, próprios e locados, pela administração pública, considerando a busca pela eficiência no orçamento e a otimização de recursos. Em referência a quantidade de informações sobre a ocupação dos espaços a serem gerenciados e uma carência de ferramentas adequadas para apoiar na gestão, destaca-se a aplicação de novas tecnologias a partir da transformação digital. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) são consideradas fundamentais para impulsionar a economia, promovem mais competitividade e sustentabilidade, além de mais oportunidades e bem-estar para a população (ALVES et al., 2018).

No que tange à indústria da construção, conforme Sacks et al. (2021), o *Building Information Modelling* – BIM, a Modelagem da Informação da Construção, é destacado como indutor da transformação digital do setor. Neste estudo, adota-se a definição de BIM proposta por Succar (2009), caracterizado como um conjunto de tecnologias, processos e políticas que possibilitam a construção em formato digital, de forma integrada e por todo o ciclo de vida da edificação.

Para a aplicação no contexto do estudo, edifícios públicos em operação, destaca-se o uso de BIM em *facility management* - FM, caracterizado pela junção de acrônimos, BIM-FM.

Becerik-Gerber et al. (2012) apontam os principais benefícios do uso de BIM-FM, como a facilidade de localização de máquinas e equipamentos do edifício em modelo BIM, bem como o acesso instantâneo aos dados em tempo real, melhorias na gestão da manutenção, gestão de ativos e de espaços, controle e monitoramento de energia.

Apesar dos benefícios citados, BIM-FM ainda se caracteriza como a aplicação menos explorada em comparação às demais do ciclo de vida de uma edificação, de modo que publicações científicas a respeito do uso de BIM-FM para administração pública apresentam, de um modo geral, resultados de estudos pilotos de implementação (PINTI, CODINHOTO e BONELLI, 2022).

A pesquisa de estudos brasileiros que abordam a verificação automática de códigos foi conduzida por Kater e Ruschel (2020). Da pesquisa, observa-se que foram abordadas lacunas de conhecimento relacionadas com a aplicação de verificação automática de regras na etapa de elaboração projetos com as seguintes temáticas: requisitos de empreendimentos habitacionais de interesse social (BALDAUF, 2013; FERNANDES, FORMOSO E TZORTZOPOULOS-FAZENDA, 2018), projetos de estação de metrô (MAINARDI NETO, 2016), projetos hospitalares (SOLIMAN JUNIOR, 2018), projetos de sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de segurança contra incêndio (TAKAGAKI, 2016; FRANÇA, 2018; KATER e RUSCHEL, 2020) e requisitos de projetos da norma de desempenho (ANDRADE E SILVA, 2017). Todavia, o presente estudo, ao promover a aplicação da verificação automática de regras em modelagem BIM de um edifício que se encontra na etapa de operação, se difere das demais publicações brasileiras na temática.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta enfoque na gestão de espaços de edifício em uso pela administração pública federal, busca-se validar o uso de ferramentas BIM-FM, em específico, a verificação automática de regras para análises quanto critérios de ocupação.

Buscou-se verificar se o uso e ocupação do edifício selecionado para análise atende ao padrão ideal estabelecido pelo normativo da instituição pública, ou então, se apresenta classificação de edifício com espaço ofertante ou demandante.

O normativo que orientou a condução do trabalho foi o Manual de Padrão de Ocupação e Dimensionamento de Ambientes em Imóveis Institucionais da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional.

O Manual apresenta critérios técnicos e diretrizes para a adequação de imóveis, próprios ou alugados, com o objetivo de promover a otimização de espaços e, conseqüentemente, de recursos de custeio e investimento (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

A partir da operacionalização da ferramenta em um ambiente real, foi possível descrever as diretrizes seguidas, a fim de possibilitar a reprodução em outros imóveis públicos.

Em específico, obteve-se como contribuição da pesquisa, os valores de incremento populacional ou redimensionamento de áreas dos espaços para atingir a otimização máxima da ocupação. Também, identificou-se a necessidade de revisar requisitos de dimensionamento de espaços propostos pela administração pública. Foi evidenciado que a aplicação é útil para apoiar a tomada de decisões por parte de gestores. Por meio do cenário de superdimensionamento de espaços, os ideais de contenção de gastos requeridos pela administração pública são refutados.

Este artigo foi produzido com base na dissertação de mestrado de Teixeira (2022), cujo título é “Diretrizes para gestão de espaços de imóveis da administração pública: uma aplicação de BIM e facility management”.

REFERENCIAL TEÓRICO

As instituições governamentais apresentam papel fundamental no desenvolvimento de diretrizes para adoção de BIM pela indústria da construção civil. As exigências para uso de BIM em projetos do setor público são denominadas “mandatos BIM” e se relacionam com políticas governamentais, normas regulatórias e sistemas administrativos (SACKS et al., 2021).

Sacks et al. (2021) apresentam o status de mandatos BIM governamentais ao redor no mundo, no entanto, não englobam iniciativas de países da América Latina. Em consonância, observa-se a publicação de Cheng e Lu (2015) que aborda iniciativas do setor público de países da Ásia e na Austrália, além dos Estados Unidos e Europa.

No contexto brasileiro, conforme destacado por Pereira e Correia (2019), o reconhecimento da importância da implementação de BIM no poder público teve início com a publicação da estratégia nacional – Estratégia BIM BR. Foi instituída inicialmente pelo Decreto n 9.377 de 17 de maio de 2018.

No âmbito da Estratégia BIM BR, o Decreto nº 10.306/ 2020 instituiu a adoção do BIM para a realização de obras e serviços de engenharia pelos órgãos e entidades da administração pública vinculados aos Ministério da Defesa e Ministério da Infraestrutura. A prerrogativa é segmentada em etapas, sendo a última fase, com início em janeiro de 2028, voltada para o gerenciamento e a manutenção.

Apesar da não vinculação de imóveis públicos já construídos, o Decreto expõe que os órgãos e as entidades da administração pública federal não referidos poderiam adotar ações de implementação de BIM, independentemente da finalidade do uso e em quaisquer fases de implementação.

No contexto de implementação BIM-FM no setor público do Brasil, destaca-se a iniciativa de uma instituição governamental que promoveu ações relacionadas à gestão do espaço construído em BIM-FM. Essas ações incluíram a realização de levantamento cadastral por meio de nuvem de pontos e a modelagem BIM de uma edificação educacional em operação. (PEREIRA e CORREIA, 2019).

Constata-se, portanto, que o presente estudo vai além da exigência atual do Mandato BIM no Brasil e contribui com análises relacionadas à fase de gerenciamento de empreendimentos.

O USO D BIM EM PROCESSOS DE FM (BIM-FM)

A definição de FM segue a ABNT ISO/TR 41011:2019 como “função organizacional que integra pessoas, propriedade e processo dentro do ambiente construído com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das pessoas e a produtividade do negócio principal”.

Em atenção aos benefícios do uso de BIM para operação de edificações, Sacks et. al. (2021) enfatizam a importância da realização de fluxos de trabalho colaborativos entre os agentes da construção e a minimização de perdas de informações durante as transições entre as etapas do ciclo de vida, dessa forma, potencializa-se a qualidade do modelo digitalizado da edificação.

Segundo a GSA (2011), a aplicação de BIM-FM proporciona avanços na gestão de informações da edificação, visando assegurar a segurança e um ambiente de trabalho eficiente para os colaboradores. A atualização das informações do ambiente construído para a etapa de operação promove um as-built preciso, apto para a avaliação de custos e tempo necessário para reformas. Além disso, permite a otimização dos sistemas do empreendimento, buscando a eficiência energética (GSA, 2011).

De acordo com o trabalho de Pinti, Codinhoto e Bonelli (2022), o qual trata da análise de publicações do uso de BIM-FM para organizações públicas nos últimos onze anos, constatou-se a predominância da abordagem para trabalhos com gestão da manutenção de edificações e gestão da operação de serviços de edificações, e em segundo plano, os autores destacam a abordagem para o compartilhamento e interoperabilidade de dados. Os autores do referido trabalho, concluíram que as aplicações de BIM-FM no serviço público, no cenário mundial, se encontram em um estágio embrionário de implementação (PINTI, CODINHOTO e BONELLI, 2022).

GESTÃO DE ESPAÇOS

No âmbito da gestão de espaços, Atkin e Brooks (2015) a conceituam como a área de FM que se dedica a otimizar a utilização do espaço disponível, atendendo às necessidades específicas. Acrescentam que esta função da organização é encarregada em garantir a eficiência econômica e o uso adequado dos ambientes (ATKIN e BROOKS, 2015).

Como exemplo de aplicação, a publicação da IFMA (2010) apresenta um *benchmarking* com 424 organizações, entre públicas e privadas, nos Estados Unidos, que responderam sobre o perfil da organização, dimensões das edificações utilizadas, valores de área por ocupante, sobre o planejamento e uso dos espaços, mudanças de colaboradores e mobília, reformas, implantação de sistemas de FM e por fim, sobre implementação de BIM. Apesar da defasagem temporal em relação ao ano atual, é possível realizar a contextualização e analisar a abrangência de tópicos que a gestão de espaços engloba.

No cenário da implementação de BIM-FM para a gestão de espaços, a publicação de Teixeira e Scheer (2021) apresenta os benefícios e aplicações para análises quanto ao conforto interno

de espaços, desenvolvimento de inventários dos espaços, ocupação e alocação, simulações de usos e visualização dos ambientes por usuários.

VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS E REQUISITOS

Eastman et al. (2009) definem verificação automática de regras e requisitos como uma tecnologia, aplicada por meio de *software* que analisa a base da configuração de objetos de um modelo BIM, seus atributos e relações para a aplicação de regras, restrições ou condicionais. A ferramenta informa como resultado, se o requisito foi atendido, não atendido, ou não verificado caso os dados estejam incompletos.

Para que um modelo BIM de uma edificação consiga atender a verificação desejada em uma ferramenta de verificação automática de regras, Sacks et al. (2021) defendem que ele seja qualificado, ou seja, que as informações nesse modelo sejam completas, corretas e explícitas. Para isso, são relevantes a etapa de classificação do modelo de acordo com a intenção da regra definida pelo usuário, e ainda, a etapa classificação do modelo de acordo com o processo de criação e execução da regra. As potencialidades das regras podem ser consideradas ilimitadas, abrangendo desde correções físicas e materiais até validações de requisitos de desempenho.

Para aplicações na fase de operação de edifícios, o uso de verificação automática de regras e requisitos garante uma transferência eficiente das informações advindas das demais fases iniciais, como as obtidas no processo de construção (SOLIHIN E EASTMAN, 2015).

Acrescenta-se ainda, que o progresso em ferramentas de verificação automática de regras na indústria AECO pela ampla adoção de modelos de edificações em formato neutro, o *Industry Foundation Classes* – IFC. Tal fato deve-se às ferramentas de verificação terem sido desenvolvidas para aplicações em modelos de projeto IFC, independentemente da plataforma de autoria (SOLIHIN E EASTMAN, 2015).

O uso do padrão neutro IFC para governos, além estimular o *open* BIM e a interoperabilidade entre ferramentas, atende critérios de isonomia requeridos para contratações públicas.

MÉTODO

Em razão do objetivo apresentar uma abordagem propositiva, buscou-se oferecer uma contribuição científica através da criação de um artefato. Dessa forma, o método adotado foi a “Ciência do Artificial” ou “Ciência do Projeto”, em inglês Design Science e a condução da pesquisa pode ser definida como uma Design Science Research (DSR).

Segundo Dresch (2015) a Ciência do Projeto busca criar um conhecimento sobre a prática de projetar, apresenta natureza pragmática, é direcionada para soluções e é caracterizada como a ciência que visa o desenvolvimento de soluções para aprimorar sistemas existentes, a resolução de problemas ou a criação de artefatos que possibilitem uma ação humana mais eficaz na sociedade ou em organizações.

Para condução do trabalho apropriou-se de etapas do método DSR conforme demonstrado na Figura 1, baseado em Dresch (2015). A condução do trabalho apresenta as etapas: identificação do problema; conscientização do problema; etapa de identificação do artefato e classe de problemas; proposição, projeto do artefato, desenvolvimento do artefato e avaliação; explicitação das aprendizagens e comunicação dos resultados.

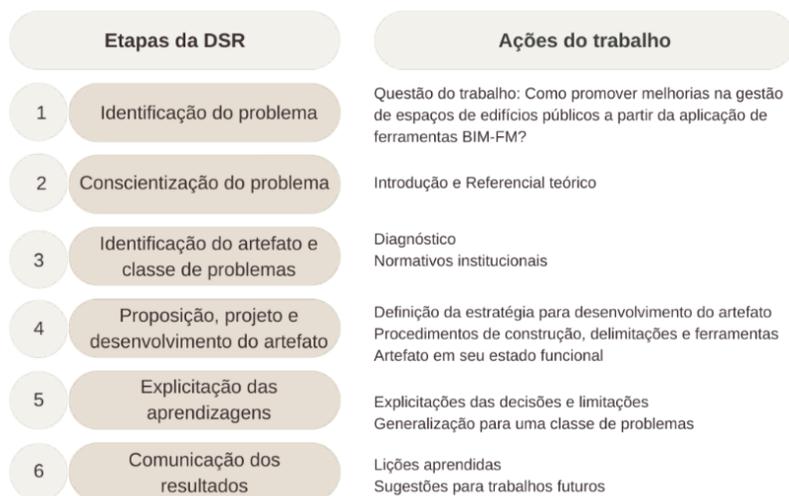


Figura 1. Etapas da Pesquisa

Fonte: Autores, adaptado de Dresch (2015)

A primeira etapa, identificação do problema, pode ser relacionada com a introdução do presente artigo. A conscientização do problema, tratada na segunda etapa, foi abordada a partir dos tópicos do referencial teórico.

A etapa de diagnóstico explorou os normativos e padrões institucionais da administração pública federal. Foram conduzidas pesquisas em sítios eletrônicos do Governo Federal para obter informações sobre publicações relacionadas à gestão de espaços.

Da leitura das portarias institucionais, conforme elucidado anteriormente, o Manual de Padrão de Ocupação e Dimensionamento de Ambientes em Imóveis Institucionais da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional é o instrumento que orientou o prosseguimento deste estudo.

Diante da sintetização das informações obtidas, partiu-se para etapa de desenvolvimento, composta pela proposição, projeto e desenvolvimento do artefato, e sua avaliação.

O documento com as diretrizes dos passos seguidos no estudo se caracteriza como o artefato da DSR, de modo que as ações realizadas foram pormenorizadas, a fim de possibilitar a reprodução das análises em outros imóveis públicos.

Por fim, após o artefato desenvolvido, em seu estado funcional e avaliado, foram realizadas as etapas de explicitação das aprendizagens e comunicação dos resultados.

DESENVOLVIMENTO

O fluxograma que representa os passos para obtenção do artefato é exibido conforme Figura 2. Demonstra-se os procedimentos, recursos de entrada e saída para a execução da tarefa final que consiste no registro da análise do modelo BIM-FM do edifício para gestão de espaços. Especificamente, destaca-se a verificação dos padrões de uso e ocupação.

O início do fluxo ocorre por meio do desenvolvimento do Plano de Execução BIM – PEB. De acordo com Carezzato (2018), o PEB integra a etapa de elaboração da proposta em uma contratação de BIM, na qual são inclusas informações referentes aos métodos e procedimentos de produção e gerenciamento de dados, ferramentas, *softwares* e infraestrutura para execução. Para a elaboração do PEB, se destacam as definições preliminares como os normativos institucionais, prazos, atores ou partes interessadas, objetivos da modelagem, definição do uso do modelo BIM e o Nível Necessário de Informação, conforme preconizado na ISO 19650.

O processo seguinte se dá pela coleta das informações da edificação construída para a modelagem BIM-FM. Nessa etapa, procura-se obter plantas do imóvel e demais documentos que suportem a classificação dos espaços, como exemplo, número de postos de trabalho integral ou reduzido, vacância de salas, entre outros.

Caso a documentação obtida não seja satisfatória para execução do modelo BIM-FM, como em casos de imóveis que não possuem plantas digitalizadas ou defasadas da situação real, indica-se a realização de captura de dados e levantamento de edificações, de forma que no caso do estudo, optou-se pelo uso de Laser Scanner Terrestre - LST a fim de obter análises e resultados para complementar o documento diretrizes.

A partir do produto da digitalização, a importação da nuvem de pontos obtida contribui para a elaboração do modelo BIM-FM no *software* de autoria. Na sequência é realizada a exportação para o padrão neutro IFC para utilização no *software* de verificação automática de regras e requisitos.

Conforme exibido no fluxograma da Figura 2, após a verificação das regras de padrões de uso e ocupação dos espaços executada, analisa-se quanto a necessidade de alterações ou correções do modelo BIM-FM. Caso negativo, é registrada a análise do modelo BIM-FM.

Após a execução dos processos descritos, obteve-se o documento que registra a operacionalização realizada, denominado no estudo como diretrizes BIM-FM para gestão de espaços, destacado na cor azul da Figura 2 abaixo.

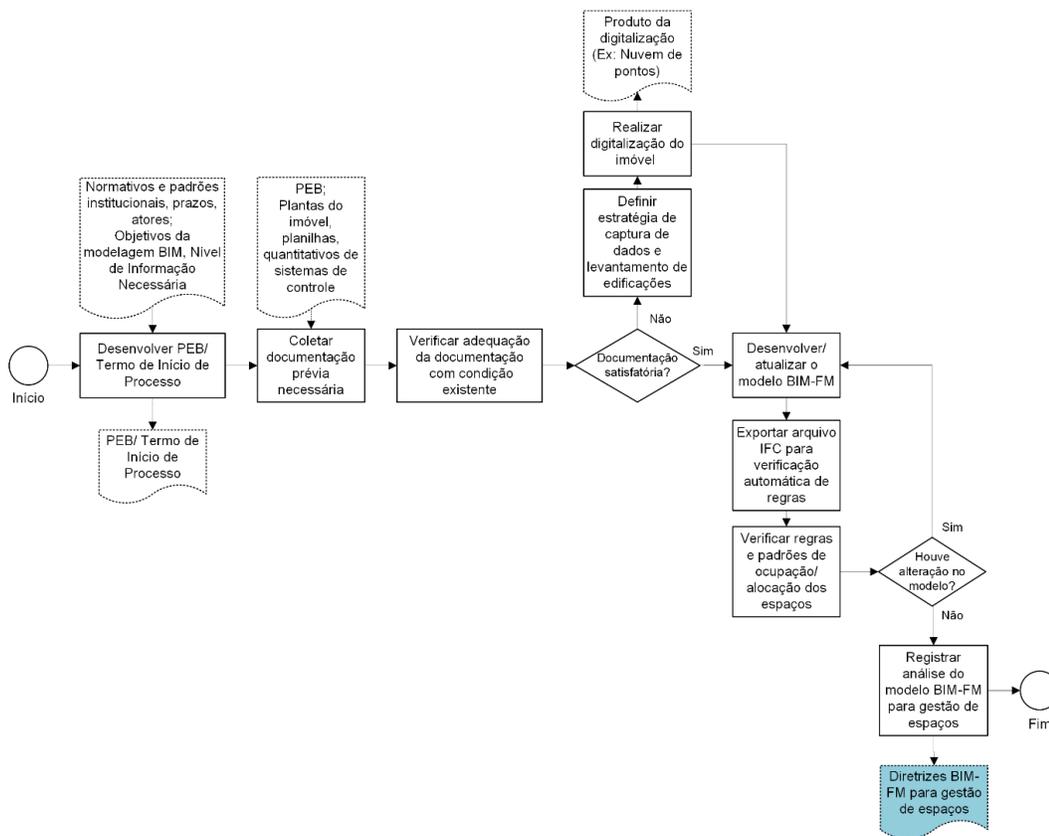


Figura 2. Método para obtenção do artefato

Fonte: Autores

Elaboração do modelo BIM-FM do edifício

Foi selecionado um edifício utilizado pela administração pública federal localizado no município de Curitiba/PR como ambiente real para a aplicação do método. Tal edifício possui compartilhamento entre órgãos públicos, atendendo a um dos requisitos pré-estabelecidos. Isso possibilitou a avaliação da distribuição de áreas privativas e comuns em uso por cada órgão. Outro critério levado em consideração na seleção, foi a disponibilidade e interesse do órgão gestor do imóvel no estudo. Nesse contexto, o órgão forneceu as plantas do edifício em formato CAD e autorizou a realização de vistorias.

O edifício selecionado para o estudo foi construído em 1984 em uma área de 1.092,00 m² (terreno). Possui subsolo, térreo, sobreloja (1º pavimento), onze pavimentos tipo com 876,00m² de área construída cada, cobertura e laje técnica, conforme ilustrado no modelo BIM na Figura 3.

Para o desenvolvimento, optou-se por digitalizar as disciplinas de arquitetura e estrutura do edifício utilizando software de autoria BIM. Devido ao enfoque do presente estudo, decidiu-se não realizar a modelagem das disciplinas de instalações.



Figura 3. Modelo do edifício selecionado

Fonte: Autores

Conforme mencionado, foi decidido realizar a verificação da documentação existente, as plantas disponibilizadas em CAD, por meio da execução de varredura digital de um dos pavimentos tipo. Utilizou-se a técnica de captura de dados e levantamento de edificações com o uso de Laser Scanner Terrestre, assegurando, assim, a fidedignidade na modelagem realizada. A Figura 4 exibe os passos realizados nessa etapa. Primeiramente, foi realizada a captura de dados por meio do posicionamento do LST em locais denominados estações de varredura digital (Figura 4a). Após a coleta, são geradas nuvens de pontos para cada estação, as quais foram importadas no *software* de processamento e realizado o alinhamento e unificação conforme Figura 4b que indica o posicionamento das estações de varredura e a interligação entre as nuvens de pontos geradas.

A Figura 4c demonstra a interligação entre nuvens de pontos obtidas por estações de varredura posicionadas de maneira adjacente. A nuvem de pontos da ala leste do pavimento tipo é exibida na Figura 4d.

A nuvem de pontos do pavimento foi importada no software de autoria, possibilitando a modelagem dos elementos construtivos. Dessa forma, viabilizou-se a confirmação das dimensões que são replicadas nos pavimentos do edifício, como as paredes externas da edificação, posicionamento dos pilares, altura do forro, elevadores, escadas e shafts.

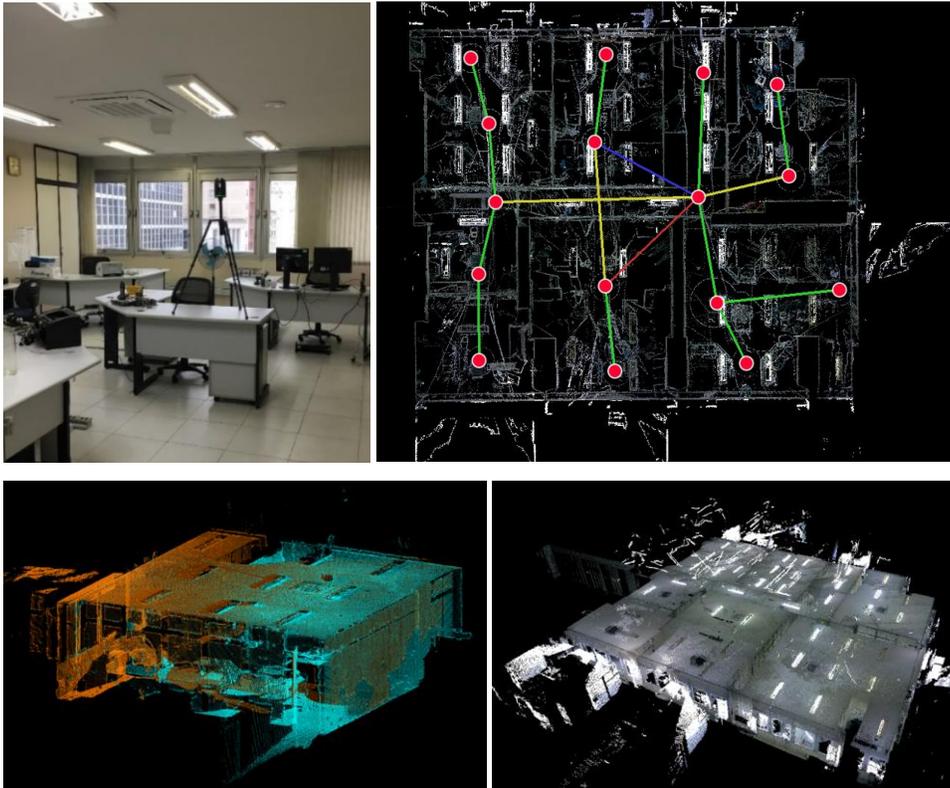


Figura 4. Aplicação de varredura digital. **Figura 4a.** Captura de dados; **Figura 4b.** Alinhamento e unificação de nuvens de pontos; **Figura 4c.** Alinhamento de 2 nuvens de pontos. **Figura 4d.** nuvem de pontos unificada.

Fonte: Autores

A Figura 5 apresenta um pavimento tipo, com a nuvem de pontos sobreposta ao modelo, incluindo os layouts dos espaços.

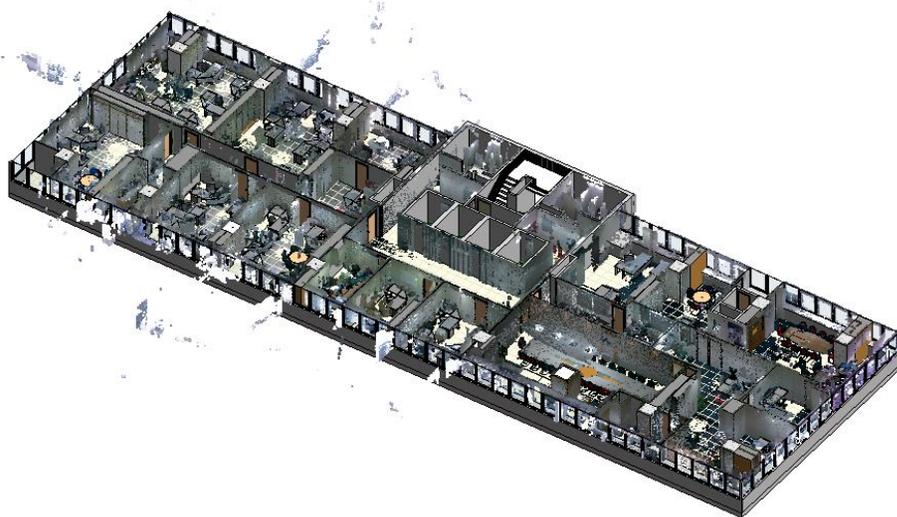


Figura 5. Vista 3D do pavimento tipo com nuvem de pontos

Fonte: Autores

Passou-se então, para a etapa de configuração do modelo com atributos necessários para a realização da verificação automática dos requisitos de uso e ocupação.

Primeiramente, foram estabelecidos os parâmetros de classificação dos espaços conforme as principais definições obtidas no Manual de padrão de ocupação, sintetizadas conforme Quadro 1. Além das definições de cada parâmetro a ser utilizado para verificação automática de regras e requisitos da presente proposta, foram listados os critérios a serem verificados na sequência.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO E REQUISITO DOS PARÂMETROS
Área computável	Passível de contabilização para análise do índice de ocupação (áreas de escritório e áreas de apoio);
Áreas de escritório	Áreas de trabalho individual e coletivo.
Escritório aberto	Requisito: Área de Escritório/Posto de trabalho = 9m ² a 7m ² ; Dedicado a atividade de múltiplas equipes, sem compartimentos.
Escritório fechado	Requisito: 10 ou mais postos de trabalho (arbitrado); Sem o compartilhamento de mobiliário e equipamentos;
Escritório semiconfinado	Requisito: 10 ou menos postos de trabalho (arbitrado);
Escritório não confinado	Áreas de atendimento ao público. A delimitação se dará em função da face frontal das mesas de atendimento;
Escritório chefia	Estações de trabalho em áreas de circulação, usualmente secretaria/recepção. Requisito: contabilizam-se 5m ² por posto de trabalho; I. Servidores com remuneração DAS ou FCPE 6 = até 30m ² . II. Servidores com remuneração DAS ou FCPE 5 = até 25m ² . III. Chefes de gabinete, chefes de equipes compostas por 20 ou mais ocupantes de posto de trabalho equivalente ao integral = até 20m ² .
Escritório cotrabalho	Atendimento ao expediente de caráter transitório e eventuais ações de capacitação. Requisito: 4m ² x nº de estações de trabalho
Sala de reunião	Requisito: Área Sala de Reunião = 2,5 m ² x nº de pessoas que a sala comporta; Pode-se considerar 1 m ² adicional por ouvinte;
Áreas de apoio	Para suporte às atividades desenvolvidas no imóvel (auditórios, copas, refeitórios, instalações sanitárias, biblioteca, arquivo, depósitos, salas de treinamento, convivência, etc.); Requisito: Área de apoio/ população principal = 3m ² a 2m ² ; Área máxima do Refeitório = 2 m ² x população a qual se destina x 20%;
Áreas de apoio (auditórios)	Requisito: Área Auditório plano = 1,5 m ² x nº de pessoas que o auditório comporta; Área Auditório com inclinação = 2 m ² x nº de pessoas; Capacidade máxima dos auditórios: I. população < 250 pessoas: somente auditórios planos, com mobiliário flexível/removível, que comporte até 50 pessoas. II. população entre 250 a 500 pessoas: admitem auditórios com inclinação e mobiliário fixo que comporte até 20% da população do imóvel. III. população > 500 pessoas: admitem auditórios com inclinação e mobiliário fixo que comporte até 25% da população do imóvel.
Área não computável	Não contabilizada para fins de análise do índice de ocupação (áreas técnicas e áreas específicas);
Áreas técnicas	Circulação vertical ou horizontal que conectam os ambientes e pavimentos que compõem a edificação (hall, foyers, corredores, escadas, saídas de incêndio, elevadores, reservatórios, barriletes, shafts etc.);
Áreas específicas	Necessárias para demandas específicas do órgão, para além de suas atividades administrativas *área de espera (1,5 m ² por Média de atendimentos diários x 25%;
Posto de trabalho integral	servidores que realizem expediente contínuo no imóvel, cuja carga horária diária média seja igual ou superior a seis horas e que demande estação de trabalho exclusiva;
Posto de trabalho reduzido	Servidores que realizam expediente parcial ou transitório no imóvel, cuja carga horária diária média seja inferior a seis horas; ou realizada em teletrabalho parcial; se multiplica pelo índice de 50%;
População principal	Resultante da soma dos postos de trabalho integrais e reduzidos.

Quadro 1. Requisitos dos parâmetros

Fonte: Autores

Índice de ocupação dos escritórios	Resultado da divisão entre a áreas de escritórios e a população principal. Índice = $9m^2 a 7m^2/pop.principal$
Índice de ocupação de áreas de apoio	Resultado da divisão entre a áreas de apoio e a população principal. Índice = $3m^2 a 2m^2/pop.principal$
Índice de ocupação do imóvel	Resultado da divisão entre a área computável e a população principal do imóvel. Índice = $12m^2 a 9m^2/pop.principal$
Órgão demandante	Aquele que demanda área para compartilhamento;
Órgão ofertante	Aquele que oferta área para compartilhamento;
Ocupação otimizada máxima	Área total de escritórios do órgão ou entidade dimensionada conforme o índice mínimo equivalente a $7,00m^2$ de área útil por servidor.

A partir das informações listadas no Quadro 1, foram adicionados os parâmetros correspondentes no software de autoria BIM. Inicialmente, desenvolveu-se o parâmetro denominado “Categoria_de_espaco” que abrange sua contabilização (área de trabalho, apoio, técnica ou específica), o compartilhamento interno de um mesmo órgão (uso coletivo ou individual) e o compartilhamento entre demais órgãos que utilizam o imóvel (uso privativo ou comum).

O parâmetro desenvolvido denominado “Tipo_de_espaco” descreve os tipos de espaços de um edifício conforme as definições trazidas no manual (escritórios: aberto, fechado, chefia, não confinado, semiconfinado, cotrabalho; sala reunião; copa; refeitório; instalações sanitárias; sala apoio; circulação; sala técnica; sala específica; espera; entre outros). Ainda, foram criados demais parâmetros necessários para à avaliação: “Posto_de_trabalho”; “Posto_de_trabalho_reduzido”; “Posto_de_trabalho_apoio”.

A Figura 6, apresenta a seleção dos parâmetros na janela de propriedades do software de autoria e o preenchimento de acordo com o ambiente selecionado em azul.

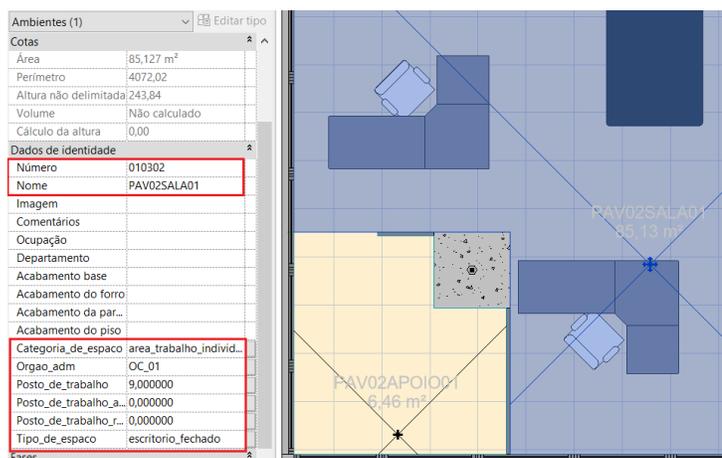


Figura 6. Requisitos dos parâmetros

Fonte: Autores

Como delimitação do estudo, para a execução da classificação dos parâmetros dos ambientes, seguiu-se os quantitativos de estações de trabalho definidas de acordo com o layout e mobiliário dos espaços. No caso dos ambientes de escritório de cotrabalho e salas de reunião, foram considerados os postos de trabalho reduzidos. No entanto, entende-se que para próximos trabalhos, seria relevante que as informações sobre postos de trabalho reduzidos em outros ambientes de escritório constem especificadas no início de cada projeto, na etapa de coleta de especificidades do imóvel.

Verificação automática de regras de uso e ocupação de espaços

A etapa de verificação automática de regras foi iniciada pela análise das informações contidas no Quadro 1. A partir de então, definiu-se pela verificação dos espaços de um modo individual por meio de análises quanto à conformidade de cada ambiente do edifício com o requisito especificado no Manual, e ainda, verificação de um conjunto de espaços por meio da somatória de suas áreas, com a finalidade de verificar o atendimento ao índice de ocupação e análises para promoção de uma ocupação otimizada. O Quadro 2 sintetiza as regras estabelecidas a serem verificadas para espaços individuais e para o conjunto.

REGRAS PARA ANÁLISES DE ESPAÇOS DE MODO INDIVIDUAL	
REGRA 1	Área mínima – escritório aberto, fechado, semiconfinado;
REGRA 2	Área máxima – escritório aberto, fechado, semiconfinado;
REGRA 3	Área ideal – escritório não confinado
REGRA 4	Área máxima – escritório chefia – ocupação “Chefe”
REGRA 5	Área máxima – escritório chefia – ocupação “DAS 5/FCPE 5”
REGRA 6	Área máxima – escritório chefia – ocupação “DAS 6/FCPE 6”
REGRA 7	Área máxima – escritório cotrabalho
REGRA 8	Área máxima – sala de reunião
REGRA 9	Posto de trabalho máximo – sala de reunião
REGRA 10	Área dimensionamento – auditório
REGRA 11	Área dimensionamento – espera
REGRA 12	Área dimensionamento – refeitório
REGRAS PARA ANÁLISES DE CONJUNTO DE ESPAÇOS	
REGRA A	Índice de ocupação dos escritórios
REGRA B	Índice de ocupação das áreas de apoio
REGRA C	Índice de ocupação total
REGRA D	Ocupação otimizada máxima

Quadro 2. Regras da verificação

Fonte: Autores

Para a análise quanto conformidade de cada ambiente do edifício foram utilizadas as regras disponíveis no Ruleset Manager, aba do software que oferece uma biblioteca de regras pré-programadas. Ao todo, foram utilizadas doze regras que serão explanadas a seguir.

O conjunto regras, conforme apresentado no Quadro 2, foi criado por meio da janela de edição situada na aba de edição de regras, a Ruleset Manager. Nessa aba, encontram-se as regras pré-configuradas do Solibri Office. Para o presente estudo, com exceção da regra 09, todas as demais foram editadas a partir de uma única regra pré-programada (SOL/231/1.6 Comparison Between Property Values). Foi utilizada para a verificação quanto ao atendimento de áreas mínimas e máximas de cada espaço. A regra 09, criada a partir da regra pré-programada “SOL/225/1.2 Number of components in space”, foi empregada para avaliar se os ambientes de salas de reunião continham 20 cadeiras ou menos.

Ao configurar o conjunto de regras, é possível salvá-lo no diretório e reproduzi-lo em outros modelos BIM-FM, desde que as classificações sejam mantidas.

Posteriormente, o conjunto de regras foi importado para a aba de verificação, denominada Checking, para realizar a verificação automática correspondente.

Em relação às verificações de um conjunto de espaços, conforme Quadro 2, Regras A, B, C e D, utilizou-se rotinas criadas na aba de quantitativos, denominada Information TakeOff – ITO. Em cada análise, uma tabela específica foi configurada.

A solução adotada para a criação verificação de índices de ocupação, e sua respectiva classificação como espaço ofertante, demandante ou padrão ideal, envolveu o desenvolvimento de scripts incorporados nas tabelas de quantitativos, utilizando programação em JavaScript.

Ressalta-se que a versão do software, Solibri Office (9.12.8), inicialmente não oferecia a função de programação em JavaScript. Assim, foi necessário entrar em contato com a organização desenvolvedora do software e foi solicitada a habilitação. Os scripts elaborados e o método para adição e realização das análises estão detalhados na seção de resultados subsequente.

RESULTADOS

Este tópico aborda os resultados obtidos pela verificação automática de regras, realizada por meio da análise individual dos espaços do edifício, bem como pela análise do somatório de áreas dos espaços.

Salienta-se que o trabalho buscou a validação da solução prescritiva, por conseguinte, as diretrizes e seu desempenho, através do estudo de um edifício construído. Portanto, as não conformidades identificadas estão diretamente relacionadas às delimitações e considerações adotadas no presente estudo.

VERIFICAÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO DE ESPAÇOS INDIVIDUAIS

Os resultados das avaliações de espaços individuais por meio da aplicação das dozes regras listadas no Quadro 2 constam descritos a seguir.

Área mínima e máxima - escritórios abertos, fechados e semiconfinados

São consideradas áreas de escritório os espaços destinados ao trabalho, necessários para o desempenho das atividades específicas às quais o imóvel se destina. Os tipos de escritórios e suas definições são apresentados no Quadro 1, bem como os requisitos de área mínima e máxima. Para escritórios abertos, fechados e semiconfinados, a regra foi delimitada com 7,00 m² por posto de trabalho como requisito mínimo e 9,00 m² por posto de trabalho como requisito máximo.

A partir da aplicação das regras 01 e 02 no modelo do edifício, obteve-se o resultado demonstrado na Figura 7.

Dos 108 espaços de escritórios, incluindo ambientes abertos, fechados e semiconfinados, 65 deles apresentaram uma área superior ao requisito máximo estabelecido, se caracterizando como espaços superdimensionados representados em vermelho na Figura 7a. Também foi constatado que 15 espaços possuíam uma área inferior ao requisito mínimo, ou seja, espaços subdimensionados representados em amarelo na Figura 7b.

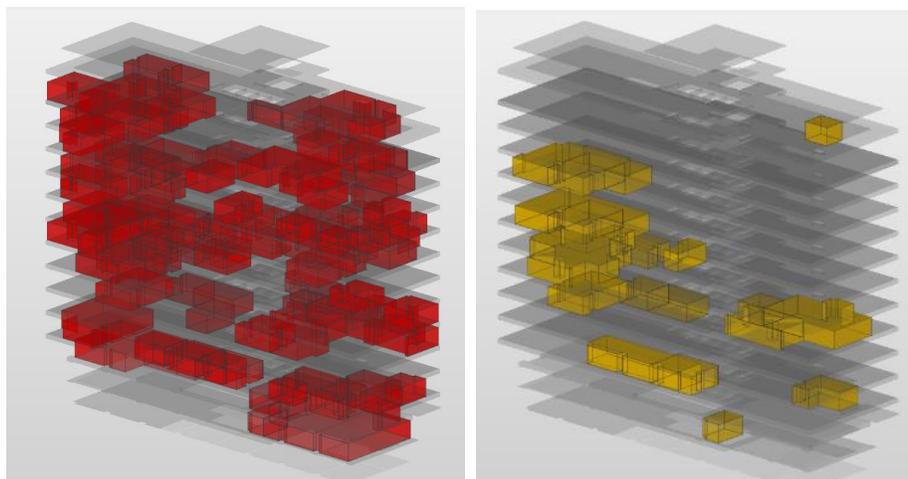


Figura 7. Resultado da aplicação das Regras 01 e 02.

7a (esquerda): Realce de espaços superdimensionados **7b (direita):** Realce de espaços subdimensionados

O software de verificação automática de regras apresenta também os resultados para cada não conformidade verificada. A Figura 8 apresenta um recorte da janela de resultados referente a Regra 01. Os espaços que não atenderam à regra são listados, acompanhados pelo símbolo de um triângulo e uma descrição da não conformidade. Com isso, é possível analisar cada espaço e aceitar ou rejeitar de acordo com avaliação do gestor responsável.

Results			
▼ Space [0/15]			
▶  Space.-1.23 : TERSALA02[010108]: Value 13.89 m2 of Area not \geq 21.0			
▶  Space.-1.3 : TERSALA01[010105]: Value 69.02 m2 of Area not \geq 98.0			
▶  Space.0.12 : PAV01SALA11[010216]: Value 26.37 m2 of Area not \geq 28.0			
▶  Space.1.30 : PAV02SALA12[010320]: Value 37.06 m2 of Area not \geq 42.0			

Figura 8. Janela de resultados

Fonte: Autores

Área ideal para escritórios não confinados

A regra 03, conforme o requisito para escritórios não confinados, não indica a delimitação de área mínima e máxima, vide Quadro 1. Desta forma, denominou-se como “área ideal”, ou seja, a regra verifica o atendimento ao valor de 5,00 m² por posto de trabalho de modo exato. Esses espaços estão localizados em áreas de circulação e halls. Durante a modelagem, a delimitação desses espaços foi feita com 5,00 m² para o atendimento do requisito, assim, não foram obtidas não conformidades ao aplicar a regra 03.

A partir desta análise, tornou-se evidente a necessidade de criar uma verificação específica para escritórios não confinados, uma vez que, esses espaços apresentam uma área inferior do requisito mínimo estabelecido para escritórios (7m²). Além disso, salienta-se que possuem a classificação como áreas de escritório e, portanto, influenciam na contabilização de uma ocupação otimizada, cuja análise será retomada nas considerações finais deste trabalho.

Área máxima para escritórios de chefias

Conforme demonstrado no Quadro 2, foram definidas três regras distintas (regra 04, regra 05 e regra 06) para limite máximo dos escritórios de chefias em função das especificações do Quadro 1, que estabelece a área com base nos cargos de chefia dos usuários desses espaços.

Salienta-se que, devido à ausência de informações sobre os cargos efetivos dos colaboradores que utilizam a edificação, neste trabalho, optou-se por verificar se os espaços atendiam o requisito por posto de trabalho para cargos de chefe, área máxima de 20,00 m². Excetua-se as duas maiores salas de chefias do edifício, as quais foram designadas para os cargos DAS 5, com 25,00 m² por posto de trabalho e cargo DAS 6, com 30,00 m², com o intuito de avaliar a eficácia da regra.

Ao considerar as regras 04, 05, 06, identificou-se 33 ambientes, sendo que 21 destes estavam não conformes, realçados em laranja conforme Figura 9.

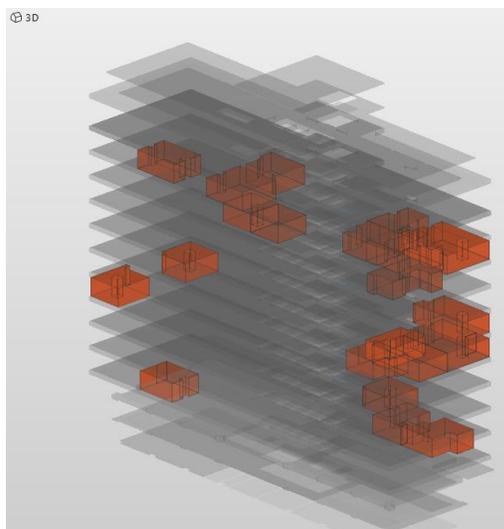


Figura 9. Realce de escritórios de chefias não conformes.

Fonte: Autores

Área ideal para escritórios de cotrabalho

Conforme o layout dos ambientes, foram identificados dois espaços de escritório de cotrabalho. Porém, constatou-se que esses ambientes faziam conjugação com espaços de convivência, o que resultou no não atendimento do requisito de 4,00 m² por estação de trabalho.

Área ideal de salas de reunião

Para as salas de reunião, estabeleceu-se duas regras, a regra 08 e 09. Conforme o requisito institucional do Quadro 1, é indicada uma área de 2,50 m² por posto (cadeira), com o máximo de 20 postos por sala.

Verificou-se que 8 salas de reunião excediam a área máxima padrão, de um total de 19 salas de reunião no edifício, além disso, 2 ambientes abarcavam mais que 20 cadeiras.

Áreas para dimensionamento de auditórios, espera, refeitório

Para o auditório, foram realizadas duas verificações: a primeira referente ao cumprimento do requisito de área, estabelecendo 1,50 m² por posto; a segunda relacionada à população principal da edificação e à disponibilidade de postos (cadeiras) no espaço.

Em relação à área, observou-se que o requisito normativo não delimitou uma faixa com mínimo e máximo. Portanto, o resultado da análise para a área do auditório foi não conforme, em razão do ambiente não corresponder exatamente a 1,50 m² por cadeira.

Quanto à verificação da quantidade de postos, o auditório cumpriu o requisito que estabelece o número máximo de cadeiras. Apesar disso, não há uma especificação para o número mínimo, o que impossibilitou a avaliação de possível subdimensionamento do ambiente em relação à população do imóvel.

No que diz respeito à área de espera, a avaliação não foi possível ser realizada de modo completo. A regra estipula 1,50 m² por posto, além da inclusão de 25% da média diária de atendimentos presenciais realizados por ano. Devido à falta dessa informação para o trabalho, somente o critério de 1,50 m² por posto foi considerado, o que prejudicou a análise completa da Regra 11.

O edifício em análise não dispõe de um refeitório comum, possui copas individuais por órgão.

AVALIAÇÃO DO CONJUNTO DE ESPAÇOS

As verificações do Índice de ocupação de escritórios (Regra A), Índice de ocupação de apoio (Regra B), Índice de ocupação total (Regra C) e Ocupação otimizada máxima (Regra D) foram desenvolvidas na aba ITO do *software* Solibri Office, utilizando programações aplicadas às colunas da tabela, criadas por meio de JavaScript APIs. Os resultados obtidos constam descritos abaixo.

Índice de ocupação dos escritórios

O índice de ocupação dos escritórios é representado pela razão entre a somatória das áreas de escritórios pela população principal, conforme definições contidas no Quadro 1.

Para o cálculo, foram desenvolvidos três *scripts*: para obter a população principal (Figura 10a), para obter o índice de ocupação de escritórios (Figura 10b) e um para a classificação do índice de ocupação em espaço ofertante, espaço demandante ou padrão ideal (Figura 10c).

The figure displays three JavaScript code snippets in a code editor interface. Each snippet is contained within a window titled 'JavaScript' and includes a 'Format' dropdown menu at the bottom.

- Script 1 (Top Left):** A function named `getValue` that calculates the total population. It takes `row` and `components` as arguments. It retrieves the value for 'Posto de trabalho reduzido', multiplies it by 0.5, and adds it to the value for 'Posto de trabalho'. The result is returned as `populacaoTotal`. The format is set to 'Integer'.
- Script 2 (Top Right):** A function named `getValue` that calculates the office occupancy index. It takes `row` and `components` as arguments. It retrieves the values for 'Area' and 'Populacao principal', divides the area by the population, and returns the result as `indice`. The format is set to 'Decimal Number'.
- Script 3 (Bottom):** A function named `getValue` that classifies the occupancy index. It takes `row` and `components` as arguments. It retrieves the value for 'Indice de Ocupacao'. It uses conditional logic: if the index is less than 7, it returns 'Espaco demandante'; if it is greater than 9, it returns 'Espaco ofertante'; otherwise, it returns 'Padrao ideal'. The format is set to 'Text'.

Figura 10. *Scripts*

aplicados.

10a (esquerda): cálculo da população principal; **10b (direita):** cálculo índice de ocupação de escritórios; **10c (abaixo):** classificação do índice

Fonte: Autores

O índice de ocupação de escritórios obtido para o edifício foi de 9,19 m²/posto da população principal. Conforme demonstrado na Figura 11, todos os espaços de escritórios constam destacadas em rosa. A Tabela 1 foi obtida exportando os dados da verificação da Regra A do *software* de verificação de regras para uma planilha formato *excel*.

Figura 11. Verificação de índice de ocupação de escritórios, Regra A

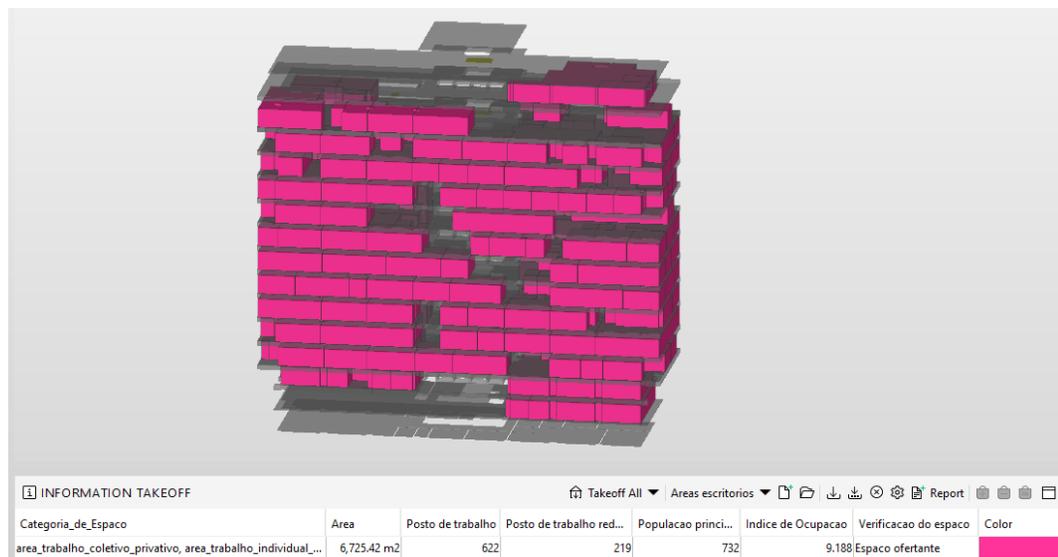


Tabela 1. Resultado da verificação da Regra A

Categoria_de_Espaco	Área (m²)	Posto de trabalho	Posto de trabalho reduzido	População principal	Índice de Ocupação	Verificação do espaço	Color
area_trabalho_coletivo_privativo, area_trabalho_individual_privativo	6.725,40	622	219	732	9,188	Espaço ofertante	

Fonte: Autores

No caso em questão, como o índice obtido foi superior a 9,00 m² por posto da população principal, classificou-se como “espaço ofertante, conforme requisito normativo (Quadro 1).

Índice de ocupação das áreas de apoio

O cálculo do índice de ocupação exclusivo para áreas de apoio se trata da razão entre a somatória das áreas de apoio e a população principal.

Nota-se conforme Figura 12 e Tabela 2, que o índice de ocupação de apoio alcançou 1,86 m² por posto da população principal, caracterizando-o como “espaço demandante”. Tal classificação decorre do índice ser inferior a 2,00 m², conforme especificado no requisito normativo (Quadro 1).

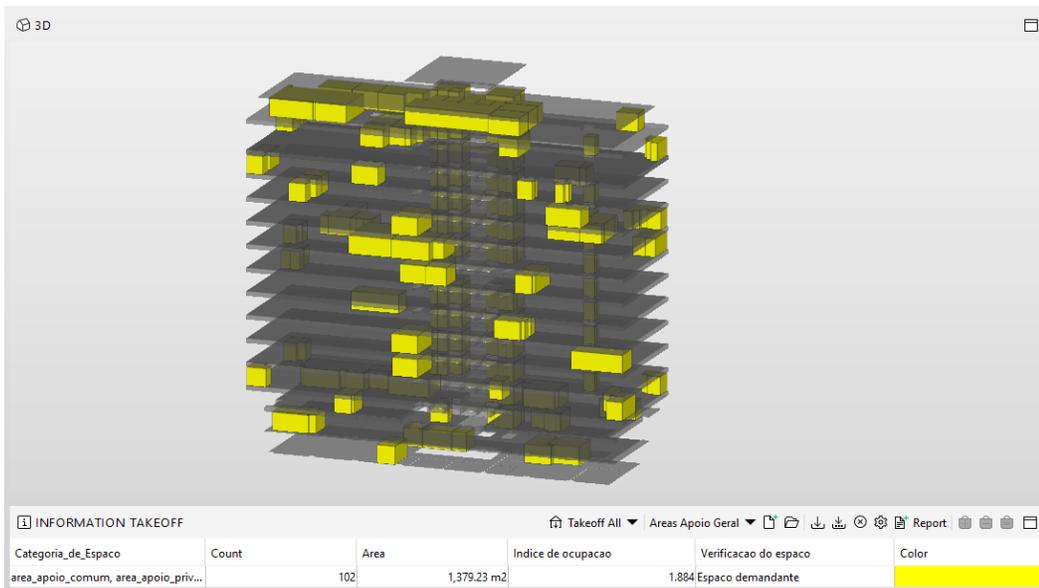


Figura 12. Verificação do índice de ocupação de áreas de apoio, Regra B

Fonte: Autores

Categoria_de_Espaco	Área (m²)	Índice de ocupação	Verificação do espaço	Color
area_apoio_comum, area_apoio_privativo	1379,23	1,884	Espaço demandante	Yellow

Tabela 2. Resultado da verificação da Regra B

Fonte: Autores

Índice de ocupação total

O índice de ocupação total do imóvel é determinado com base na área computável, representada pela somatória das áreas de escritórios e apoio, vide Quadro 1. Assim, o índice de ocupação total é obtido pela razão da área computável pela população principal.

A Figura 13 representa o intervalo que limita o índice de ocupação total. Verifica-se que o valor mínimo equivale a 9,00 m² por posto da população principal, soma do índice mínimo de 7,00 m² por posto da população principal para áreas de escritórios e 2,00 m² por posto da população principal para áreas de apoio. O valor máximo de 12,00 m² por posto da população principal, é obtido pela soma do índice máximo de 9,00 m² por posto da população principal para áreas de escritórios e 3,00 m² por posto da população principal para apoio.

$$\text{Icon of 3 people} \times 9\text{m}^2 < \boxed{\text{Área Computável}} < \text{Icon of 3 people} \times 12\text{m}^2$$

Figura 13. Intervalo do índice de ocupação total

Fonte: Ministério da Economia (2020).

De acordo com o resultado, Figura 14 e Tabela 3, o índice de ocupação total foi de 11,07 m² por posto da população principal, classificando-o como “padrão ideal”.

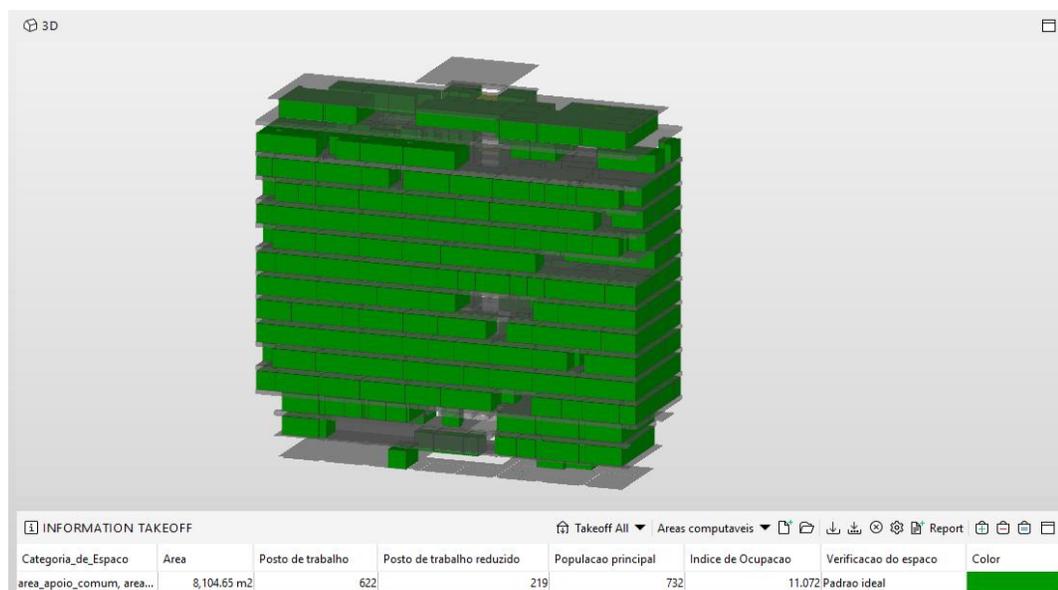


Figura 14. Verificação do índice de ocupação total, Regra C

Fonte: Autores

Categoria_de_Espaco	Área (m²)	Posto de trabalho	Posto de trabalho reduzido	População principal	Índice de ocupação	Verificação do espaço	Color
area_apoio_comum, area_apoio_privativo, area_trabalho_coletivo_privativo, area_trabalho_individual_privativo	8.104,65	622	219	732	11,072	Padrão ideal	

Tabela 3. Resultado da verificação da regra C

Fonte: Autores

Avaliação quanto ao dimensionamento para ocupação otimizada máxima

Conforme o normativo institucional sintetizado no Quadro 1, a denominação 'ocupação otimizada' foi definida de acordo com a área total de escritórios de um órgão. Dessa forma, para o cálculo da ocupação otimizada máxima, é considerado o atingimento do limite inferior do índice, 7,00 m²por posto de trabalho.

Devido ao compartilhamento existente entre as entidades que utilizam o edifício analisado, foi efetuada a análise do índice para uma ocupação otimizada máxima de cada entidade e foi considerado apenas os ambientes de escritórios privativos.

Além da identificação como demandante, ofertante ou no padrão ideal, elaborou-se programações com o intuito de calcular aumento populacional ou a redefinição de áreas para atender à ocupação otimizada máxima, conforme apresentado na Figura 14.

Para obter o valor do incremento populacional necessário para a ocupação otimizada máxima (Figura 14a), verifica-se a diferença entre população máxima e a população principal atual, de modo que a população máxima é a razão entre as áreas de escritórios consideradas e o índice mínimo de 7,00 m² por posto da população.

Já para a alternativa de redimensionamento de áreas para obter uma ocupação otimizada máxima (Figura 14b), cálculo é efetuado com base na subtração da área atual utilizada pela entidade e a área correspondente a uma ocupação otimizada máxima.

Multiplicou-se o valor real da população principal do órgão pelo índice mínimo, 7,00 m²/posto da população principal. Assim, obteve-se o valor de área necessário a ser acrescido ou reduzido para atender exatamente 7,00 m² por posto da população principal.

```

JavaScript
1 function getValue(row, components) {
2
3
4   var populacaoTotal = row.getValue("Populacao principal")
5   var populacaoMaxima = (row.getValue("Area") / 7);
6
7   var incremento = parseFloat(populacaoMaxima) - parseFloat(populacaoTotal);
8   return incremento;
9
10  }
11
Format Integer
        
```

```

JavaScript
1 function getValue(row, components) {
2
3   var areaAmbiente = row.getValue("Area");
4   var populacaoTotal = row.getValue("Populacao principal")
5   var areaMinima = (parseFloat(populacaoTotal) * 7)
6
7   var dimensionamentoEspaco = parseFloat(areaAmbiente) - parseFloat(areaMinima);
8   return dimensionamentoEspaco;
9
10  }
11
Format Decimal Number
        
```

Os resultados das análises, incluindo o incremento populacional e o redimensionamento das áreas de escritório por entidade, de acordo com a população principal respectiva, estão representados na Figura 15 e na Tabela 4. As diferentes cores indicam os espaços privativos de escritórios utilizados por cada órgão que utiliza o imóvel.

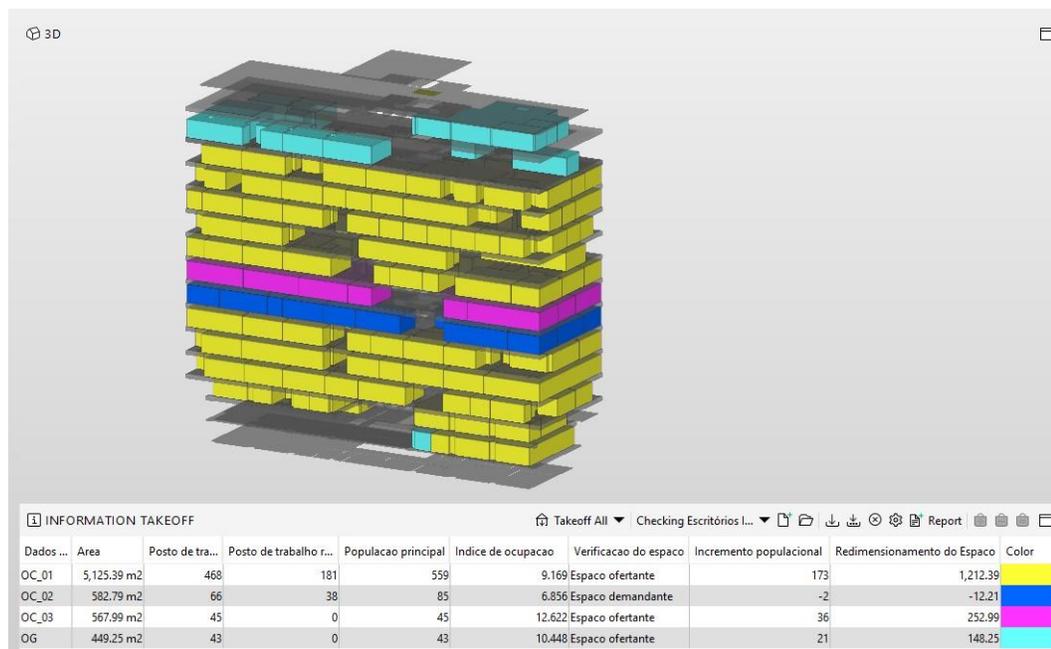


Figura 15. Verificação da ocupação otimizada máxima, Regra D

Fonte: Autores

Órgão Adm.	Área (m ²)	População principal	Índice de ocupação	Verificação do espaço	Incremento populacional	Redimensionamento do espaço	Color
OC_01	5.125,39	559	9,169	Espaço ofertante	173	1212,39	Yellow
OC_02	582,79	85	6,856	Espaço demandante	-2	-12,21	Blue
OC_03	567,99	45	12,622	Espaço ofertante	36	252,99	Magenta
OG	449,25	43	10,448	Espaço ofertante	21	148,25	Cyan

Tabela 4. Resultado da verificação da Regra D

Fonte: Autores

Observa-se na Figura 15 e Tabela 4, que apenas o órgão denominado “OC_02”, foi classificado como espaço demandante. Verifica-se ainda, que para atender a ocupação otimizada máxima,

seria necessária uma redução de dois postos de trabalho de população principal ou o redimensionamento de área, com acréscimo de 12,21 m².

A análise inversa pode ser realizada para os demais órgãos classificados como ofertantes, como exemplo, o órgão "OC_01", necessita de um incremento de 173 postos de trabalho de população principal para atingir a ocupação otimizada máxima, ou então, o redimensionamento de área, com redução de 1.212,39 m².

EXPLICITAÇÃO DAS APRENDIZAGENS

Conforme etapa final da DSR, destaca-se a seguir as principais aprendizagens verificadas no desenvolvimento e avaliação do artefato.

No âmbito da varredura digital com uso do Laser Scanner Terrestre, ressalta-se a relevância da execução para edificações que não possuem plantas em formato digital atualizadas. Tal caso, pode ocorrer em outros imóveis da administração pública, principalmente, em construções mais antigas. A realização da varredura digital garantiu a confiabilidade das dimensões dos espaços.

As lições aprendidas obtidas da análise dos resultados do presente estudo, são explicitadas na sequência.

Embora o índice de ocupação total do edifício, considerando a área computável total (escritórios e apoios), tenha recebido a classificação 'padrão ideal', a aplicação da verificação das regras de área mínima e máxima, especialmente para ambientes de escritórios abertos, fechados e semiconfinados (Regras 01 e 02), revelou que 65 ambientes apresentavam áreas excedentes. Essa constatação representa 60% dos espaços de escritórios dessa classificação no edifício que não atendem ao normativo. Devido às delimitações estabelecidas pela pesquisadora durante o desenvolvimento do artefato, é importante ressaltar que a intenção não foi realizar uma análise crítica do edifício em si. A discrepância entre a classificação obtida como 'padrão ideal' e o percentual não atendido nesta análise destaca a necessidade de aprimoramentos no normativo institucional, especificamente o Manual de Padrão de Ocupação e Dimensionamento de Ambientes em Imóveis Institucionais da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional.

Quanto ao ambiente denominado escritório não confinado, em razão do requisito normativo estabelecer área de 5,00 m², abaixo do índice para escritórios de 7,00 m², verificou-se que esses espaços exercem uma influência compensatória no cálculo do índice de ocupação. Ao dimensionar esses espaços com a área delimitada em 5,00 m², a Regra 03 será atendida. No entanto, ao calcular o índice de ocupação de escritórios, o fato desses espaços estarem subdimensionados em relação ao índice compensará espaços superdimensionados.

Alguns requisitos do Manual analisado não são delimitados com um intervalo de valores. No momento de criação da regra de verificação, estabeleceu-se um requisito exato para área, ocasionando não conformidades nos resultados. A melhoria possível é considerar uma faixa de valores que abranja um limite superior e inferior.

Verificou-se como uma vantagem da proposta do presente estudo, a realização de cálculos detalhados de modo automático a partir das configurações e classificações realizadas. Ainda, o uso para simulações quanto ao uso e ocupação dos ambientes, como exemplo, têm-se os resultados das alternativas de incremento populacional ou de redimensionamento de áreas dos espaços para atingimento da ocupação otimizada máxima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi promover melhorias na gestão de espaços de edifícios que abrigam órgãos da administração pública, através da validação do uso de ferramentas BIM-FM. Especificamente, foi realizada a verificação automática de regras para análises dos critérios de ocupação.

Por meio do desenvolvimento do artefato em um ambiente real, um edifício em utilização por órgãos públicos, foi possível realizar uma análise crítica dos requisitos especificados no Manual de Padrão de Ocupação e Dimensionamento de Ambientes em Imóveis Institucionais da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional.

A princípio, identificaram-se alterações necessárias nas especificações do Manual. Ao representar a edificação em um modelo visual, com informações adicionadas, e utilizar ferramentas que permitem análise automática de todos os espaços, observou-se que a análise isolada de um índice pode não representar efetivamente a situação ocupacional do imóvel. Tal análise, foi constatada a partir do resultado do índice de ocupação total, que apesar de ter sua classificação como Padrão ideal, foi comprovado no estudo que a maioria das áreas de trabalho apresentavam ociosidade.

Desta forma, no cenário que as ferramentas exploradas no trabalho não estão efetivamente implementadas, ao se tratar de um estudo piloto, entende-se que há oportunidades de retificações dos requisitos institucionais do Manual de modo imediato, visto que implementações de BIM envolvem mudanças organizacionais, de processos e de infraestrutura tecnológica.

Conforme explicitado, o estudo prescreveu uma solução prática, que para seu desenvolvimento necessita de uma coleta de informações prévias completa do edifício a ser verificado e de especificações para classificação dos ambientes de acordo com a necessidade do cliente e equipes de FM.

Para o estudo, foram necessárias delimitações e considerações que refletiram nos resultados obtidos. Como exemplo, adotou-se a quantificação de postos de trabalho conforme as plantas e layouts recebidos da edificação. Entende-se que para próximos trabalhos, seria relevante que as informações constem especificadas no início de cada projeto, na etapa de coleta de especificidades do imóvel. Dessa forma, o presente trabalho reforçou a necessidade de padronização da informação a ser utilizada na fase de operação e manutenção, como identificado por Carezzato (2018), Sacks et al. (2021) e Solihin e Eastman (2015).

Foi possível constatar também os benefícios do uso da solução proposta em novos projetos de edificações e reformas. Os resultados podem auxiliar na tomada de decisões por parte de gestores públicos e privados. As regras utilizadas estão relacionadas com as políticas de cada instituição e não se limitam apenas à esfera pública.

Nesse sentido, demonstrou-se o papel relevante da aplicação de BIM-FM para gestão de espaços. A partir da análise crítica dos resultados, definições estratégicas podem ser fundamentadas, como exemplo, a proposição de redistribuição dos postos de trabalho por pavimento, de compartilhamento de espaços entre diferentes instituições e até mesmo a avaliação do aproveitamento de áreas objeto de contratos de locação.

O trabalho evidenciou ainda, que o uso de ferramentas BIM proporciona a realização de análise crítica de diretrizes e guias orientativos, no caso em questão, o Manual de Padrão de Ocupação e Dimensionamento de Ambientes em Imóveis Institucionais da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional.

Do exposto, salienta-se que a aplicação desenvolvida no trabalho extrapola a delimitação do mandato BIM brasileiro, conforme apontado por Pereira e Correia (2019), a estratégia nacional de disseminação de BIM – Estratégia BIM BR, em razão de não englobar expressamente as aplicações BIM para os edifícios públicos existentes. Entende-se que o trabalho dissemina novas possibilidades do uso de BIM na gestão pública.

Dentre as temáticas de publicações sobre o uso de BIM-FM na esfera pública apontadas por Pinti, Codinhoto e Bonelli (2022), identifica-se que o presente estudo se enquadra na temática Nível de Ocupação. De acordo Pinti, Codinhoto e Bonelli (2022), trata-se de temática atual e promissora para demais pesquisas, de modo que os artigos recentes abordaram BIM-FM relacionado ao COVID-19, gerenciamento de ocupação e circulação.

No tocante ao uso da verificação automática de regras, o trabalho apresentou uma solução de aplicação para a etapa de operação da edificação, a qual difere das pesquisas brasileiras sobre a temática que cobriram a etapa de projetos. Apesar de etapas diversas do ciclo de vida, identifica-se a convergência no uso do padrão neutro IFC nas ferramentas de verificação e em consequência, a disseminação do *open* BIM (BALDAUF, 2013; FERNANDES, FORMOSO E TZORTZOPOULOS-FAZENDA, 2018; MAINARDI NETO, 2016; SOLIMAN JUNIOR, 2018; TAKAGAKI, 2016; FRANÇA, 2018; KATER e RUSCHEL, 2020; ANDRADE E SILVA, 2017). Nesse sentido, destaca-se a relevância do uso de ferramentas de verificação automática de regras para a administração pública, em consonância com critérios de isonomia requeridos para contratações e compras públicas, de modo que independente do *software* de modelagem adotado, as análises apresentadas podem ser replicadas, garantindo a interoperabilidade de ferramentas.

Com o desenvolvimento do estudo, identificaram-se sugestões para trabalhos futuros. Oportunamente, a replicação do método e a realização de uma pesquisa-ação com gestores de FM. Além disso, considera-se a extensão para demais usos relacionados à gestão de espaços, como acréscimo de dados de usuários, mobília e equipamentos. Adicionalmente, propõe-se a verificação de layouts quanto ao atendimento de demais regras relevantes, como de distância física entre postos de trabalho, considerando requisitos que garantam segurança sanitária.

Referências Bibliográficas

ANDRADE E SILVA, F. P. de. **Verificação automatizada dos requisitos de projetos da norma de desempenho pela plataforma BIM Solibri Model Checker**. Belo Horizonte, 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 41011**. Facility management — Vocabulário. Rio de Janeiro, 2019.

ATKIN, B., BROOKS, A. **Total Facilities Management**. Blackwell Science, Oxford. (2015).

BALDAUF, J. P. **Proposta de método para modelagem de requisitos de clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social usando BIM**. [s.l.] Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 2013.

BECERIK-GERBER, B. et al. Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, 138(3), 431–442, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000433](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433).

CAREZZATO, G. G. **Protocolo de gerenciamento BIM nas fases de contratação, projeto e obra em empreendimentos civis baseado na ISO 19650**. 2018. Dissertação (Mestrado em Inovação na

Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

DOI:10.11606/D.3.2018.tde-21092018-144640.

DRESH, A. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-pub.

FERNANDES, G. von der H.; FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS-FAZENDA, P. Método para verificação automatizada de requisitos em empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 259-278, out./dez. 2018.

FRANÇA, F. W. DE. **Método para verificação automática de regras utilizando bim aplicado ao código de segurança contra incêndio e pânico do Paraná (CSCIP-PR)**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2018.

GSA. **BIM Guide 08 - BIM for Facility Management**. Washington: GSA - GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. Office of Design and Construction. 2011.

IFMA. International Facility Management Association. Disponível em:

<<https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management/>>. Acesso em: 10 maio 2021.

KASSEM, M., et al. BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex. **Built Environment Project and Asset Management**, 5(3), 261–277, 2015.

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

LEE, S.-K. et al. An extension of the technology acceptance model for BIM-based FM, Proceedings of the Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, ASCE, West Lafayette, **Proceedings [...]** pp. 602-611, 2012.

MAINARDI NETO, A. I. **Verificação de regras para aprovação de projetos de arquitetura em BIM para estações de metrô**. São Paulo, 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Manual de Padrão de Ocupação e Dimensionamento de Ambientes em Imóveis Institucionais da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/manual_racionaliza_08set2020.pdf/view>. Acesso em 16 de fevereiro de 2022.

PAINEL DE RAIO-X. **Patrimônio da União**. Disponível em: <<https://raiox.economia.gov.br/?=>>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

PAINEL DE CUSTEIO ADMINISTRATIVO. Disponível em:

<<https://paineldecusteio.planejamento.gov.br/custeio.html>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2022).

PEREIRA, S.; CORREIA, M. Implementação da abordagem e tecnologia BIM no processo de gestão na FIOCRUZ. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019014, mar. 2019. ISSN 1980-6809.

PINTI, L.; CODINHOTO, R.; BONELLI, S. A Review of Building Information Modelling (BIM) for Facility Management (FM): Implementation in Public Organisations. **Applied Sciences**. 2022, 12(3):1540. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12031540>.

SACKS, R., et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores [recurso eletrônico]. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

BIM-FM como suporte à gestão de espaços de edificações públicas: Uma aplicação de verificação automática de regras

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

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TAKAGAKI, C. **Regras de verificação e validação de modelos BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Dissertação (Mestrado em Inovação da Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

TEIXEIRA, A. **Diretrizes para gestão de espaços de imóveis da administração pública: uma aplicação de BIM e facility management**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2022.

TEIXEIRA, A.; SCHEER, S. Benefícios e soluções da integração de BIM-FM e gestão de espaços. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021.

Alessandra Teixeira

Autor principal

alessandrateixeira.t@gmail.com

Sergio Scheer

Supervisor e orientador

sergioscheer@gmail.com