



METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE UTILIZANDO BIM

METHODOLOGY FOR ACCESSIBILITY EVALUATION USING BIM



Michelle Soares Moura

Mestranda em Construção Civil – PPGEC/UFU
Universidade Federal de Uberlândia – UFU.
Uberlândia, Minas Gerais – Brasil.
michelle.machado@ufu.br



Simone Barbosa Villa

Doutora em Arquitetura e Urbanismo – FAU/UFU
Universidade Federal de Uberlândia – UFU.
Uberlândia, Minas Gerais – Brasil.
simonevilla@ufu.br



Ana Carolina Fernandes Maciel

Doutora em Construção Civil - UNB
Universidade Federal de Uberlândia – UFU.
Uberlândia, Minas Gerais – Brasil.
anamaciell@ufu.br



Luísa Lopes de Freitas Guilherme

Engenharia Civil – FECIV/UFU
Universidade Federal de Uberlândia – UFU.
Uberlândia, Minas Gerais – Brasil.
luisalguilherme@gmail.com

Resumo: A avaliação de desempenho em edificações é um procedimento bastante utilizado para determinar se suas características estão de acordo com o necessário para a utilização adequada desta. Este processo pode ser otimizado utilizando tecnologias como o BIM. Diante disso, este trabalho tem como objetivo a criação de uma metodologia para realizar avaliação de acessibilidade utilizando BIM, validando-a através de um modelo BIM de uma edificação existente na Universidade Federal de Uberlândia e analisando a eficiência do software Solibri para esse tipo de avaliação. A metodologia ocorreu por meio do levantamento de dados da normativa, inseridos no Solibri. Neste foram realizadas as configurações e inserção do modelo para a verificação dos parâmetros de acessibilidade, e proposta a Metodologia para a avaliação de acessibilidade utilizando BIM. Os resultados demonstraram que, com um modelo BIM condizente com a realidade da edificação é possível fazer a verificação da acessibilidade de forma rápida e efetiva. O software proporcionou bom direcionamento para análise dos resultados, apresentando-se como eficaz para avaliações de edificações. Este trabalho contribuiu para a compreensão por parte de pesquisadores e comunidade de como utilizar o Solibri para avaliação de acessibilidade por meio da Metodologia criada, e também contribui para a sociedade no que tange à avaliação de edificações existentes para adequação destas, o que pode otimizar a gestão de recursos como tempo, mão de obra e econômico.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção (BIM). Solibri. Avaliação. Acessibilidade.

Abstract: The performance evaluation in buildings is a procedure widely used to determine if their characteristics are in accordance with what is necessary for their proper use. This process can be optimized using technologies such as BIM. Therefore, this work aims to create a methodology to perform accessibility assessment using BIM, validating it through a BIM model of an existing building and analyzing the efficiency of Solibri software for this type of assessment. The methodology took place through the survey of normative data, inserted in Solibri. In this, the configurations and insertion of the model for the verification of the accessibility parameters were carried out, and the methodology for the evaluation of accessibility using BIM was proposed. The results showed that, with a BIM model consistent with the reality of the building, it is possible to verify accessibility quickly and effectively. The software provided good direction for the analysis of the results, presenting itself as effective for building evaluations. This work contributed to the understanding by researchers and the community of how to use Solibri to assess accessibility through the methodology created, and also contributes to society with regard to the assessment of existing buildings for their adequacy, which can optimize the management of resources such as time, labor and economic.

Keywords: Building Information Modeling. Solibri. Evaluation. Accessibility.

Cite como

American Psychological Association (APA)

Moura, M. S., Villa, S. B., Maciel, A. C. F., & Guilherme, L. L. F. Metodologia para avaliação de acessibilidade utilizando BIM. *Revista Inovação, Projetos e Tecnologias - IPTEC*, São Paulo, 12(1), 1-19, e25163. <https://doi.org/10.5585/iptec.v12i1.25163>

1 Introdução

A avaliação de desempenho de edificações é essencial para garantir que estejam de acordo com os parâmetros mínimos especificados em normativas. São vários os instrumentos utilizados para esse fim, como entrevistas, questionários, observação, análise *walkthrough*, entre outros, no entanto é necessário aliá-los a novas tecnologias a fim de otimizar os processos. Nesse contexto o *Building Information Modeling* – BIM mostra-se uma metodologia interessante, visto que é possível, por meio dessa, desenvolver modelos das edificações com todas as informações relevantes e necessárias para avaliá-la. O BIM, também conhecido como Modelagem da Informação da Construção, consiste em um processo melhorado para planejar, projetar, construir, usar e manter uma edificação durante todo seu ciclo de vida, a partir de um modelo de informação normalizado que contém todas as informações necessárias aos interessados (United States, 2008).

De acordo com Ono *et al.* (2018), “existe um grande passivo de edificações existentes que necessitam ter seu desempenho avaliado, visando decisões futuras de pequenos ajustes, reformas, *retrofits* ou até demolição e reconstrução” (p. 59). Embora esse tipo de trabalho seja desenvolvido há muitos anos, garSilva Junior e Mitidieri Filho (2018) consideram-no como um desafio que precisa ser superado e alegam que a utilização do *Building Information Modeling* (BIM), por meio dos modelos tridimensionais com informações sobre materiais, elementos, componentes e sistemas construtivos podem otimizar e facilitar esse processo.

Mallory-Hill *et al.* (2012) salientam a importância da avaliação de desempenho e afirmam que esta apresenta muitos benefícios, dentre eles, critérios de desempenho claros e mensuráveis, meios para monitorar e diagnosticar problemas potenciais e uma forma de aprender através do desenvolvimento das diretrizes de *design*.

Segundo Eastman *et al.* (2014) a utilização do BIM possibilita a interoperabilidade entre softwares, integração de equipes, compatibilização de projetos e extração de dados mais precisos da obra, permitindo a atualização desses dados de forma automática a partir de alterações de projeto. Ainda, o BIM pode ser utilizado para a verificação de regras, também conhecido como *Code Validation* definido por Messner *et al.* (2011) como um processo no qual um programa realiza a validação de parâmetros de um projeto, comparando-os com códigos específicos. Para a avaliação de desempenho das edificações, esse processo de validação de regras pode ser benéfico, pois, após realizadas as configurações dos parâmetros das normativas que serão avaliados, o *software* identifica automaticamente no modelo todos os itens que se encontram em desacordo com estas.

Diante do exposto, ressalta-se a necessidade de aliar novas tecnologias como o BIM à avaliação de desempenho das edificações. Este trabalho teve como objetivo geral a criação de uma metodologia para realizar a avaliação de acessibilidade, por meio de um estudo prático em uma edificação universitária utilizando a metodologia BIM. Os objetivos específicos são:

- Validação da metodologia através da verificação de acessibilidade de critérios específicos em um modelo BIM de uma edificação;
- Análise da eficiência de uso do *software* Solibri Model Checker para esse tipo de avaliação.

A metodologia utilizada foi iniciada por meio de uma revisão bibliográfica e análise das normas pertinentes a fim de identificar quais parâmetros seriam utilizados para a validação do modelo. Posteriormente foi obtido junto à Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Uberlândia o modelo BIM da edificação que seria analisada. Por meio do software Revit foi possível converter o modelo para o formato IFC, importado no Solibri na sequência. Nesse, foram inseridos os parâmetros normativos a serem checados e por fim, realizada a verificação, para assim ser possível analisar os resultados apresentados pelo software e compiladas as informações para proposição da Metodologia de Verificação de Acessibilidade utilizando BIM.

Com este estudo foi possível propor uma Metodologia para realizar a avaliação de acessibilidade utilizando BIM e validá-la com o modelo de uma edificação real. A metodologia proposta promoveu otimização do processo e mostrou-se eficaz para direcionar o usuário para verificação de inconformidades no modelo. A pesquisa contribuiu com a disseminação de conhecimento capaz de otimizar o processo de avaliação de acessibilidade tanto no momento de projeto, quanto em processos de reformas de edificações construídas. No momento de projeto, utilizando a metodologia, os profissionais podem realizar verificações de forma rápida e assertiva de diversos critérios, simultaneamente, a fim de validar a acessibilidade do projeto a ser entregue/aprovado. Para edificações existentes, o direcionamento do usuário se torna facilitado para que saiba onde existem inconformidades com as normativas para realizar as adequações pertinentes.

2 Referencial teórico

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146, 2015) define acessibilidade como:

A possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida (Lei nº 13.146, 2015, p. 14).

Nesse contexto, a Norma de Acessibilidade - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT NBR 9050:2020) “estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quanto ao projeto, construção, instalação e adaptação do meio urbano e rural, e de edificações quanto às condições de acessibilidade (p.1)” e. Segundo Garcia et al. (2018) a garantia de acessibilidade para estudantes universitários com deficiência é algo recente e há escassez de dados sobre a efetivação das legislações nas universidades. Em seu estudo constataram que a universidade analisada não atende às normativas em relação à acessibilidade arquitetônica e não há um planejamento de adequação total relativo à urbanização, mobiliários e componentes técnicos.

Ono *et al.* (2018) salientam a importância de atender requisitos normativos e diretrizes de boas práticas para edificações. No Brasil, além da Norma de Desempenho – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2021). Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT NBR 15575:2013), também deve ser utilizada para adequação dos espaços físicos a Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT NBR 9050:2020). De acordo com Van der Voordt e Van Wegen (2013), as avaliações podem contemplar os programas de necessidades, plantas e até mesmo a construção finalizada. Por meio dessas é possível verificar se a edificação atende às legislações e às normativas.

No contexto das Instituições de Ensino Superior (IES), Diniz e Silva (2021, p. 461) concluíram que a inclusão de estudantes com deficiências na Universidade enfrenta obstáculos significativos, mas é preciso reconhecer que avanços também podem ser observados. Nessa mesma linha, Branco e Almeida (2019) descobriram que grande parte dos alunos participantes de sua pesquisa encontra-se insatisfeitos com as condições de acessibilidade do espaço físico das IES em que estudam.

Para identificar a situação da acessibilidade em uma edificação é possível fazer uma avaliação pós ocupação (APO), para a qual existem vários tipos de instrumentos, dentre eles o

levantamento de dados e a análise *walkthrough*, instrumentos para análise qualitativa. Van der Voordt e Van Wegen (2013) consideram o primeiro um instrumento relativamente barato e simples de organizar, visto que podem ser realizadas análises de documentos, plantas baixas, projetos, relatórios, entre outros, e que não é necessário perturbar outras pessoas para utilização. Para Ono *et al.* (2018) o segundo apresenta caráter exploratório e consiste em um passeio pela edificação para realizar reconhecimento do espaço e seus usos, identificando e registrando informações relevantes para a APO durante o processo.

Diante do exposto, conclui-se que é preciso a efetiva adequação dos espaços universitários para garantir acessibilidade a todos os estudantes e demais pessoas que utilizam suas dependências diariamente. Para isso, tecnologias como o BIM podem ser utilizadas para facilitar a avaliação e identificação de locais onde há necessidade de ajustes. Eastman *et al.* (2014) explicam que por meio da utilização da tecnologia BIM, um modelo virtual acurado da construção é criado digitalmente, disponibilizando geometrias precisas com dados relevantes para a elaboração do projeto.

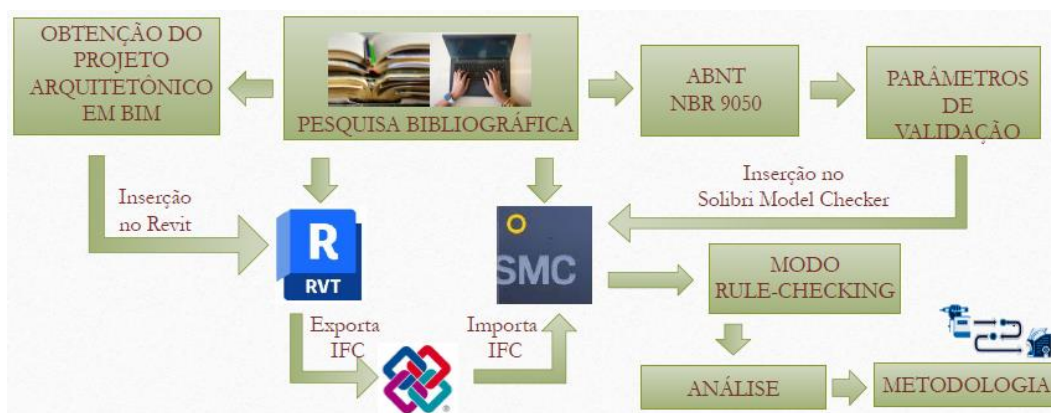
Alguns autores desenvolveram estudos utilizando o BIM como *Solibri Model Checker* para verificação de regras em várias áreas da engenharia, como, automatização de verificação de conformidade com a norma brasileira de desempenho (Andrade e Silva, 2017), verificação de sistemas prediais de esgoto sanitário, água fria e água quente (Takagaki, 2016) e verificação automatizada de medidas contra incêndio (Kater e Ruschel, 2020). Santos (2021) desenvolveu um trabalho similar a este, no qual buscou analisar as condições de atendimento à norma de acessibilidade, por meio da tecnologia BIM, tendo como resultado a confirmação presencial das não conformidades indicadas pelo *software* de análise e chegando à conclusão que o BIM pode auxiliar na identificação e controle das regras normativas relacionadas à acessibilidade em uma edificação.

3 Metodologia

O procedimento metodológico utilizado é apresentado na Figura 1 e explicado detalhadamente na sequência.

Figura 1

Fluxograma de Planejamento da Pesquisa



Primeiramente foi realizado o levantamento de dados, onde foram definidos os parâmetros da Norma de Acessibilidade - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT NBR 9050:2020) utilizados para realizar a validação do modelo. Estes foram inseridos no *software* utilizado na avaliação: Solibri Model Checker. Concomitantemente, foi solicitado à Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Uberlândia o projeto arquitetônico em BIM da edificação analisada. A partir do Modelo BIM foi gerado o IFC - *Industry Foundation Classes* para ser utilizado no Solibri.

Neste, o módulo denominado *Rule - Checking* foi utilizado para fazer a avaliação de acessibilidade no modelo arquitetônico BIM. Na sequência, foram realizadas as análises técnicas com o intuito de averiguar a eficiência da análise realizada pelo *software*, as dificuldades encontradas durante o processo e a proposição da Metodologia para avaliação de acessibilidade utilizando BIM.

O objeto de estudo é uma edificação situada na Universidade Federal de Uberlândia - Campus Santa Mônica localizada em Uberlândia, Minas Gerais, denominada Bloco 5T, utilizada para laboratórios de química, física e salas de professores. Sua área total é de 1508,00 m², sendo dividida em três pavimentos (Subsolo, Térreo e Pavimento Superior). A pesquisa foi desenvolvida no primeiro semestre de 2023, como parte das exigências de conclusão da disciplina de mestrado “Desempenho do Ambiente Construído”. Todas as configurações e análises foram realizadas com base na experiência e estudos das pesquisadoras e sem a ajuda de terceiros. O *Solibri* é um *software* simples intuitivo e os parâmetros da Norma de Acessibilidade são objeto de estudo desde as graduações das pesquisadoras.

Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentadas as plantas do Subsolo, Térreo e Pavimento Superior, respectivamente. E na Figura 5 é apresentada uma imagem 3D da edificação.

Figura 2

Planta do Pavimento Subsolo

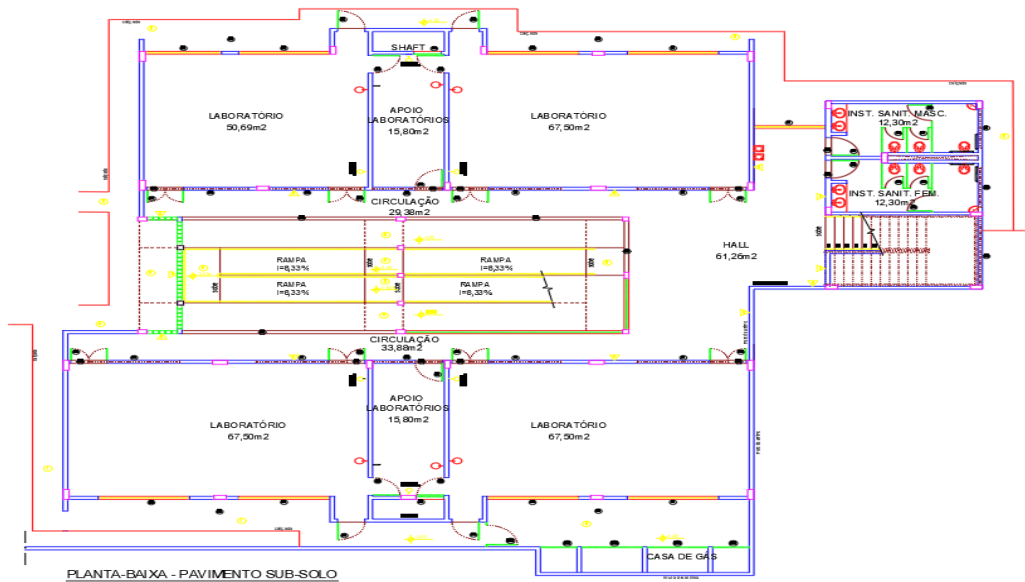


Figura 3

Planta do Pavimento Térreo

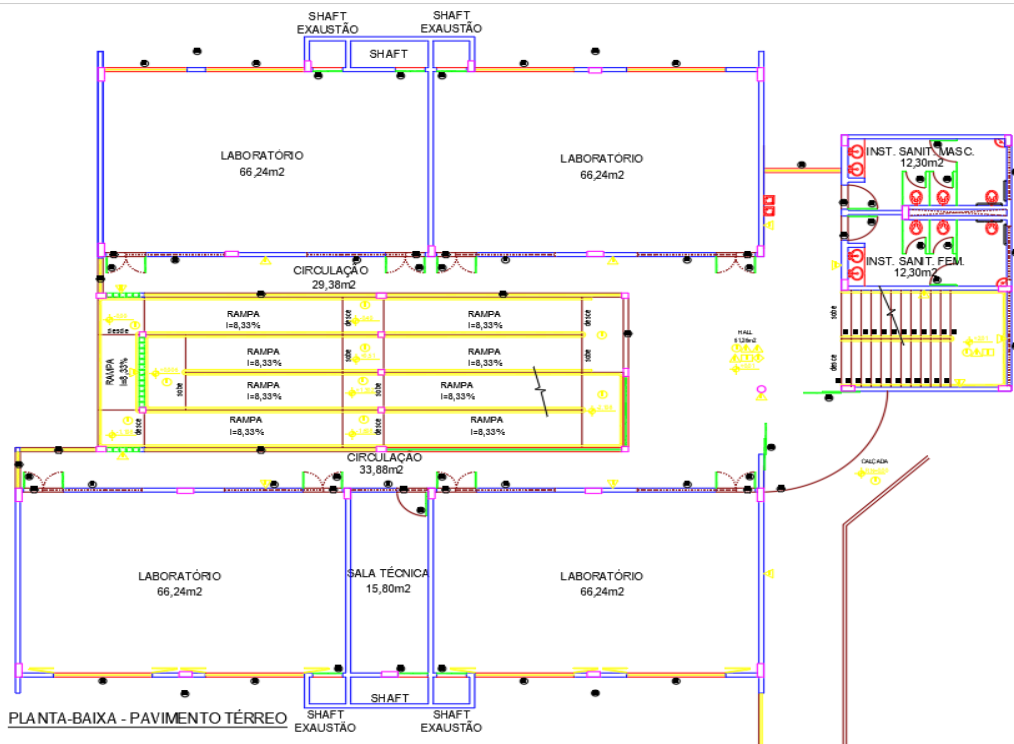


Figura 4

Planta do Pavimento Superior

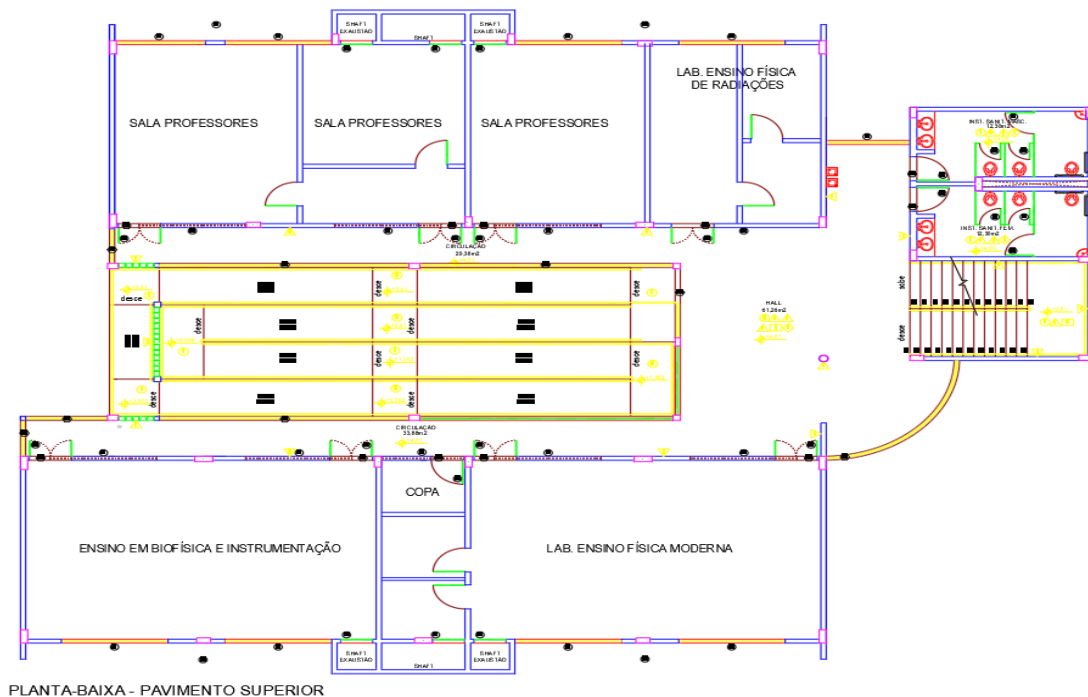
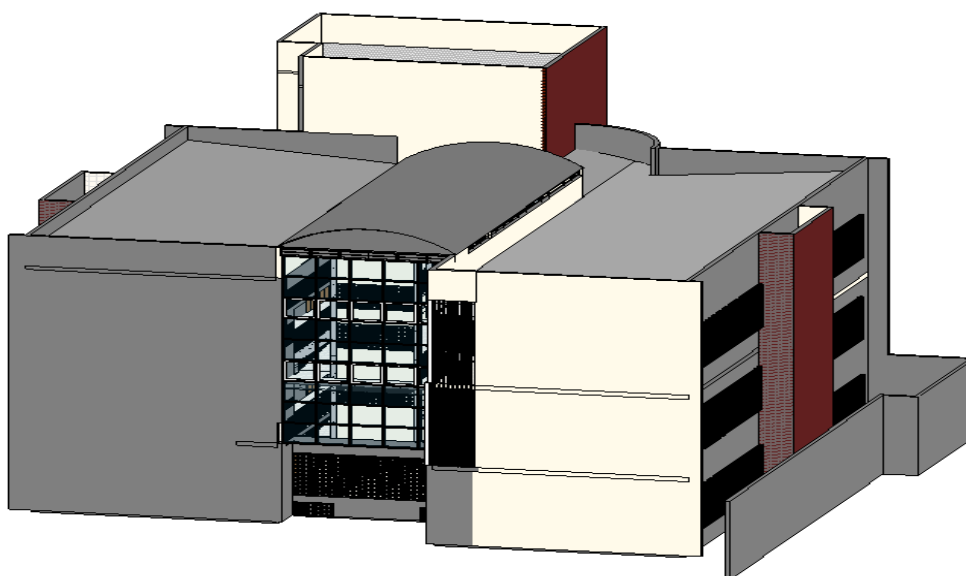


Figura 5

Bloco 5T em 3D



A avaliação por meio do *software* foi realizada seguindo o processo explicado na Figura 6.

Figura 6

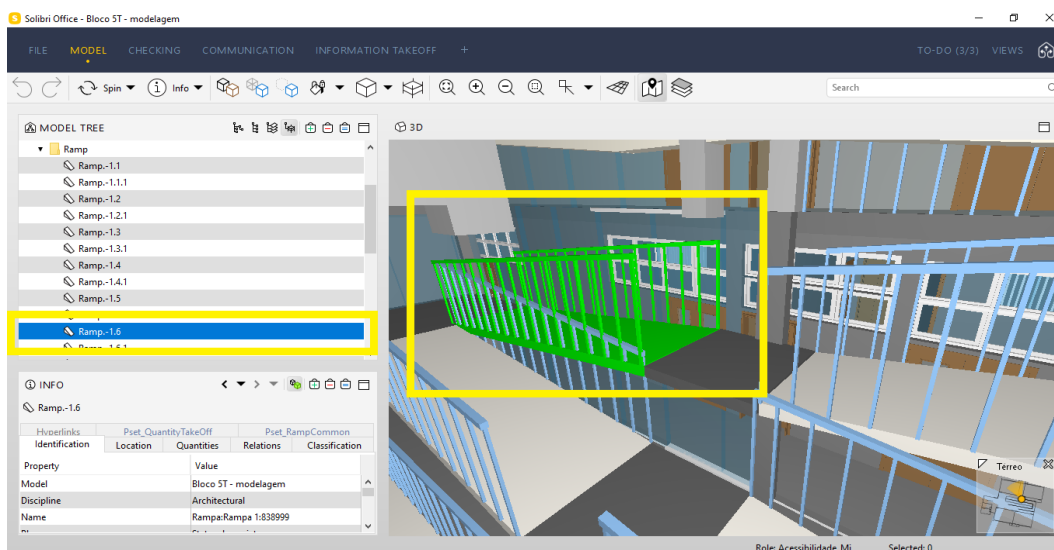
Processo de Aplicação da APO



O Solibri possui uma interface inicial simples e intuitiva com várias abas de trabalho. Através da aba “*file*” é possível inserir arquivos de projetos, selecionar regras de checagem e editar as configurações iniciais do modelo. Na aba “*model*” é possível visualizar todas as informações do modelo, classificação de áreas e elementos, além de ser possível verificar a localização do elemento ao clicar duas vezes em sua descrição, conforme Figura 7. A avaliação é realizada por meio da aba “*checking*”, na qual são configurados os parâmetros da norma de acessibilidade que serão analisados, e aplicada a análise após checagem das regras. Por meio da aba “*communication*” é possível gerar apresentações em forma de relatório com descrição e imagem dos itens que estavam “não conformes” na checagem. Por fim, na aba “*information takeoff*” é realizada a classificação dos ambientes dentro do Solibri, etapa essencial para o sucesso da checagem.

Figura 7

Aba Model Solibri



O processo para avaliação do modelo iniciou-se com a importação do arquivo para o Solibri. Na sequência foi realizada a configuração das medidas de projeto (Figura 8). Após a definição das unidades de medida, as áreas do projeto foram classificadas de acordo com sua utilização, na aba “*information takeoff*” (Figura 9).

Figura 8

Configuração de Medidas

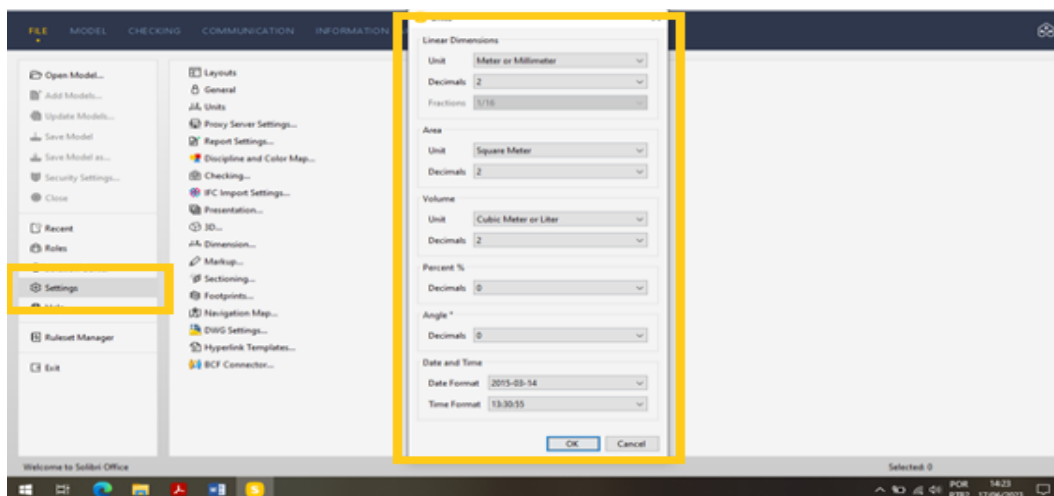
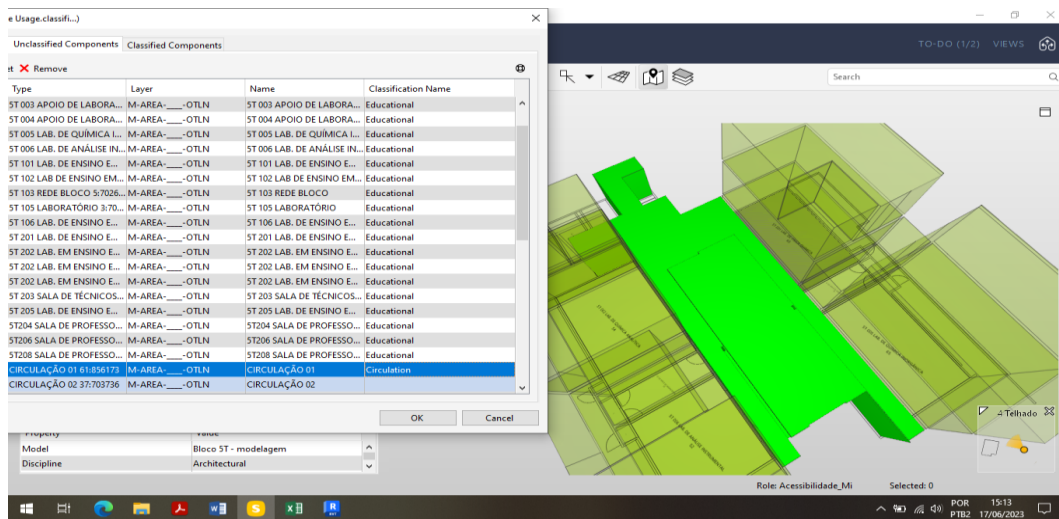


Figura 9

Classificação de Áreas de Projeto



O próximo passo foi escolher as regras de checagem para a avaliação:

208 - Accessible Door Rule (Regra de Porta Acessível): Verifica a acessibilidade de portas;

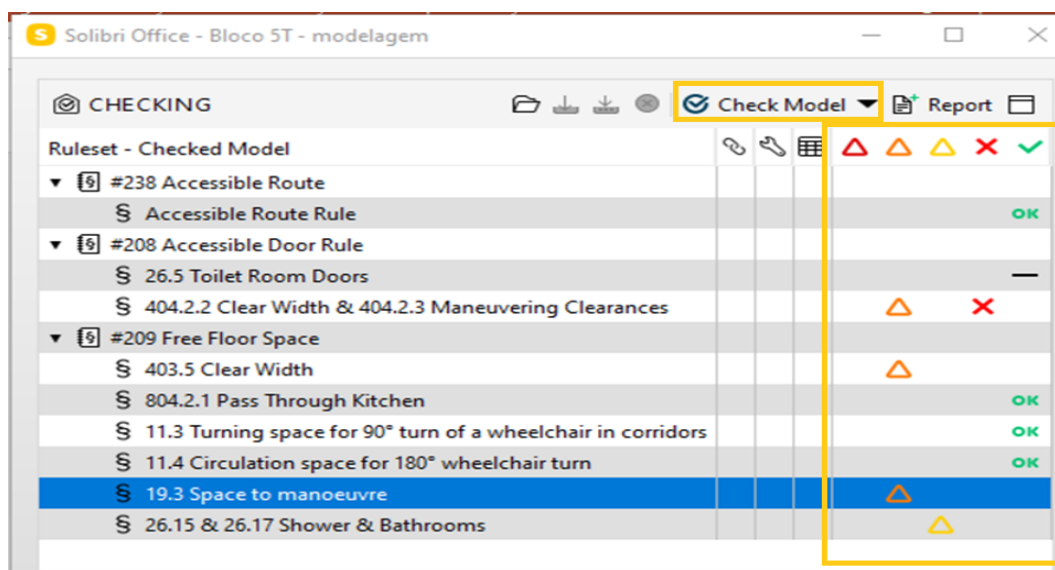
209 - Free Floor Space (Regra de Espaço livre): Verifica se os espaços livres nos ambientes atendem à acessibilidade;

238 - Accessible Route Rule (Regra de Rota Acessível): Verifica largura de rota livre em portas, corredores e elevadores.

Existem regras pré-configuradas no Solibri, que precisaram ser atualizadas de acordo com os parâmetros da Norma de Acessibilidade - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT NBR 9050:2020). Após as configurações passou-se para a fase de checagem. A checagem inicial foi realizada utilizando o botão Check Model disponível na aba Checking, que foi desenvolvida rapidamente e apareceram na tela os resultados apresentados na Figura 10.

Figura 10

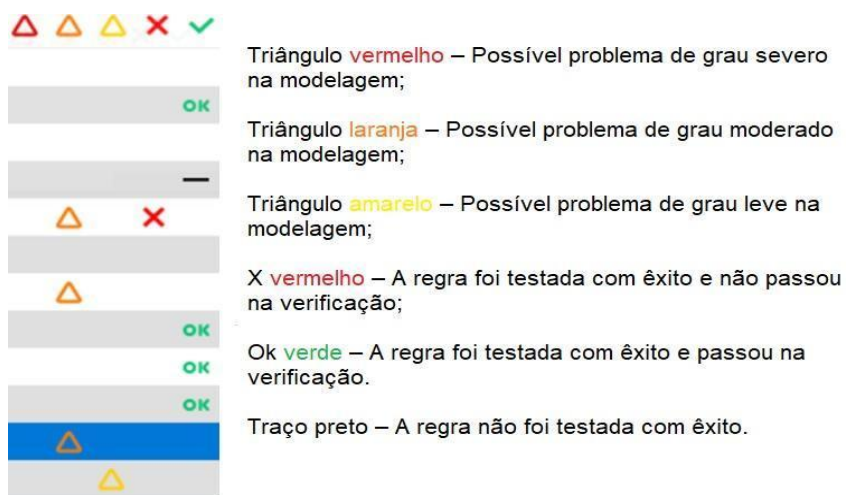
Resultado da Checagem



Cada símbolo indica uma situação diferente, conforme Figura 11.

Figura 11

Símbolos de Checagem



4 Análise dos resultados e discussões

Todas as situações indicadas pelo Solibri foram verificadas manualmente e em quase todas elas foram observadas questões a serem resolvidas. Nas Figuras 12 e 13 são apresentados dois resultados, o primeiro referente a portas que possuem largura inferior ao

normatizado e o segundo referente ao local, onde não há espaço suficiente para a realização da manobra da cadeira de rodas.

Figura 12

Resultado de Porta

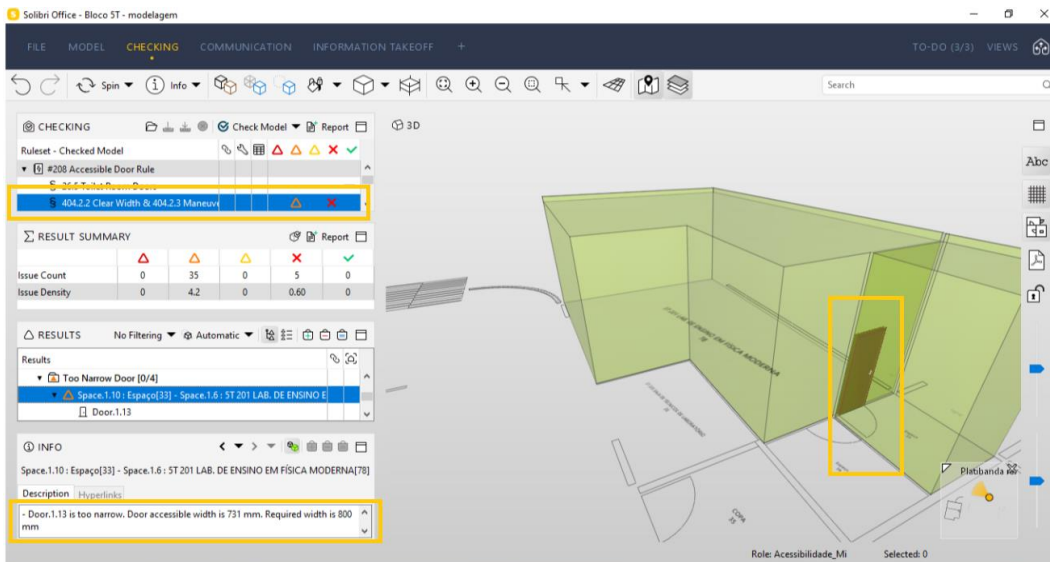
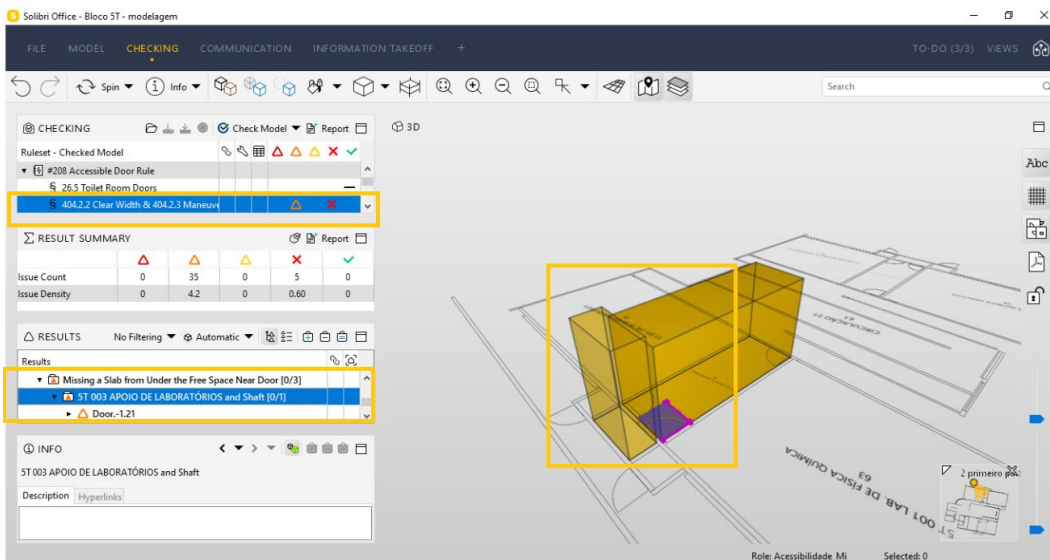


Figura 13

Resultado de Espaço Para Manobra

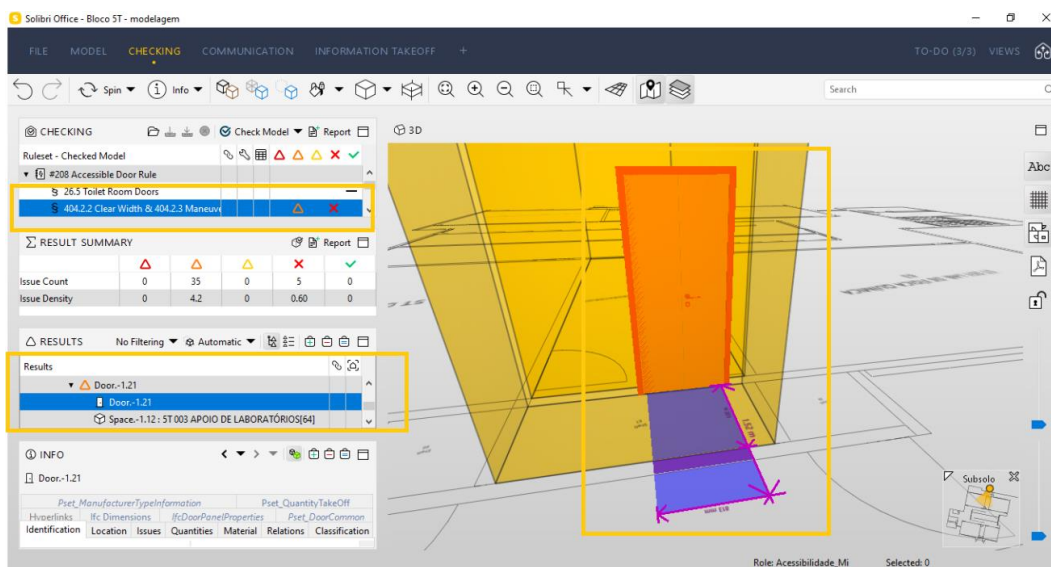


Na Figura 14 é possível visualizar um dos locais em que o programa acusou falta de espaço de manobra, mas que a indicação é irrelevante. Nesse local a porta acessa um *shaft*, cuja utilização é de acesso privativo a equipe técnica e no qual não haverá circulação de

peçoas. Por isso é de suma importância que o responsável técnico analise e avalie todas as indicações, visto que o *software* direciona, mas não interpreta os resultados.

Figura 14

Resultado de Espaço Para Manobra



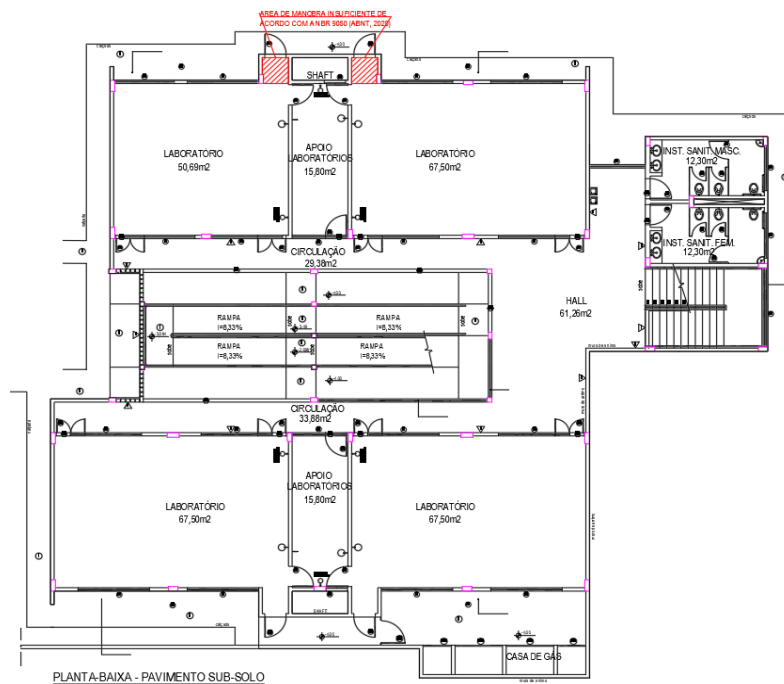
O direcionamento realizado pelo *software* agiliza o processo de avaliação da edificação e facilita a visualização, visto que, além de indicar qual é o problema, apresenta exatamente onde esse está, facilitando o entendimento do que deve ser corrigido.

4.1 Matriz de descobertas

Foram desenvolvidas as matrizes de descoberta do Subsolo (Figura 15) e do Pavimento Superior (Figura 16). No Térreo não foram encontrados itens em desacordo com a Norma de Acessibilidade. Os itens em vermelho visualizados nas matrizes representam os itens em desacordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT NBR 9050:2020). Na Figura 16 são apresentados os dois locais no subsolo que se encontram em desacordo com a Norma de Acessibilidade, sendo duas áreas em que a manobra de uma pessoa em cadeira de rodas será impossível, devido à área ser inferior à estipulada por norma.

Figura 15

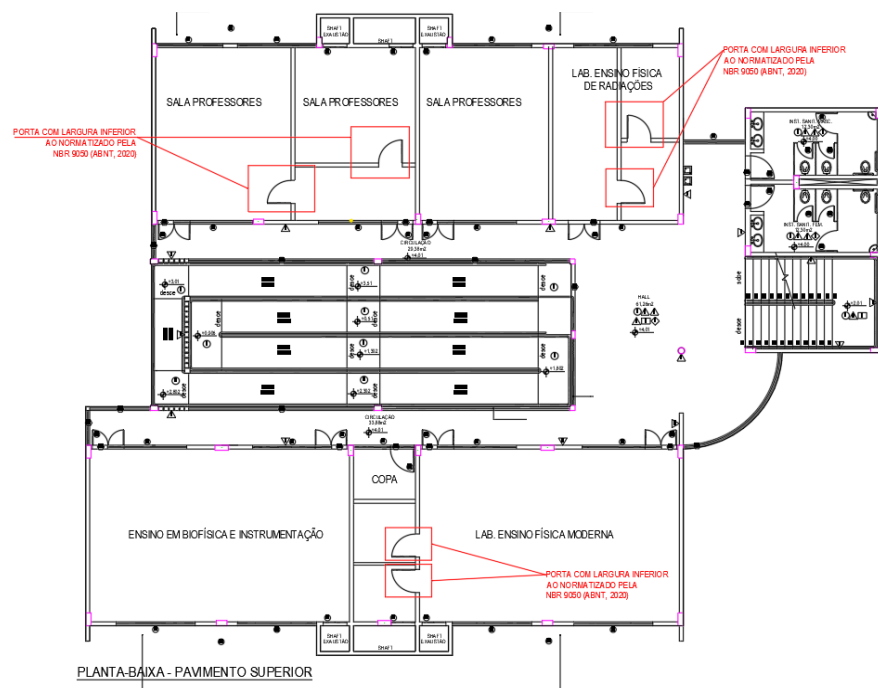
Matriz de Descobertas Pavimento Subsolo



Como pode ser visto na Figura 17, no pavimento superior existem portas com largura inferior ao preconizado pela Norma de Acessibilidade, sendo necessário realizar as adequações nesses locais.

Figura 16

Matriz de Descobertas Pavimento Superior



A matriz de descobertas apresentada é um resultado prático que pode ser obtido por meio de uma avaliação de edificação quando o BIM não é utilizado. A utilização do BIM nesse processo permitiu a obtenção desta, com a mesma qualidade e rapidez na obtenção dos resultados.

4.2 Proposição da metodologia

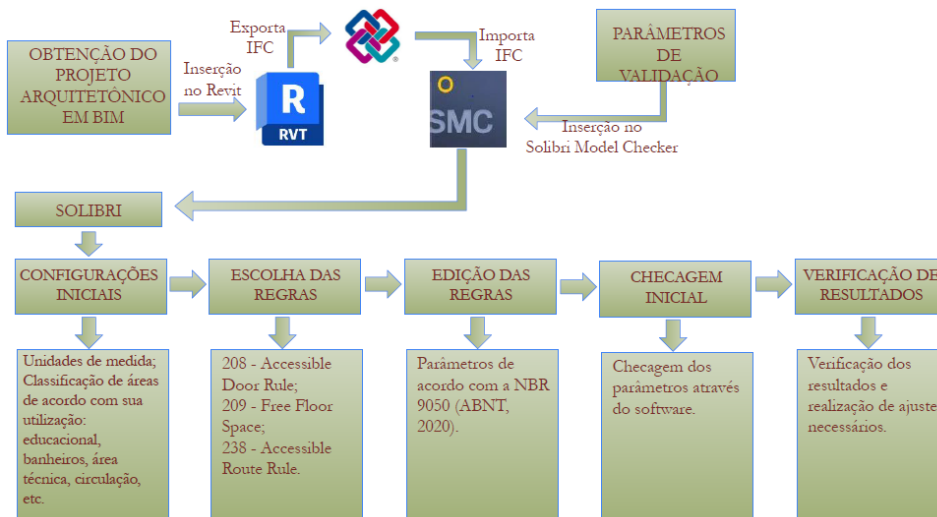
Na Figura 17 é apresentada a metodologia proposta para a utilização do BIM em avaliações de acessibilidade. Como pode ser visto, o primeiro passo é obter o projeto arquitetônico em BIM e convertê-lo para o formato IFC que será importado no Solibri Model Checker. Além do projeto, os parâmetros da norma de acessibilidade que serão analisados devem ser definidos nessa primeira etapa. No *software* é preciso realizar as configurações iniciais de unidades de medidas e classificação de áreas de acordo com sua utilização. Após realizadas as configurações, serão definidas as regras que serão utilizadas na verificação para serem editadas com os parâmetros definidos. Por fim, o *software* realiza a checagem inicial e o usuário faz a verificação dos resultados.

Considerando o quanto o trabalho de avaliação de edificações é moroso, a Metodologia apresentada poderá auxiliar profissionais e empresas a otimizarem o tempo e

umentar a qualidade das avaliações realizadas. Como o *software* direciona e apresenta em 3D o que está em desconformidade com a norma, há uma facilidade na análise e proposição de ajustes.

Figura 17

Metodologia Para Avaliação de Acessibilidade Utilizando BIM



5 Conclusões

Para que a checagem das regras seja realizada de maneira efetiva é primordial que o projeto em BIM esteja adequado, com elementos e áreas classificados de forma condizente com a realidade da edificação e a classificação dos espaços realizada através do Solibri seja feita de forma correta.

A Regra 238 - Rota Acessível e a Regra 209 - Espaços livres foram checadas com êxito, porém a Regra 209 apresentou problemas no modelo de grau leve. A Regra 208 – Acessibilidade de portas não foi completamente checada pois apresentou possíveis problemas no modelo de grau moderado e itens que não passaram na verificação.

O Solibri demonstrou ser um software eficaz para esse tipo de análise, sendo útil na otimização do tempo. Considerando o contexto das edificações, seu uso pode ser bastante útil para avaliação de “as built”, visto que, nesses casos as alterações executivas e de projeto já terão sido implementadas.

É possível concluir que o software direciona o usuário para a verificação de erros, porém, é preciso que este faça uma análise dos resultados apresentados. Para edificações construídas em universidades, como foi o caso do estudo prático realizado, a contribuição da

metodologia é expressiva, visto que é muito comum que essas edificações sejam antigas e em sua maioria estejam em desacordo com a norma de acessibilidade vigente, sendo necessárias adequações.

Por fim, é possível concluir que a metodologia proposta é efetiva para a avaliação de projetos em BIM. A validação do método foi realizada com sucesso e o software Solibri demonstrou-se eficiente para este tipo de trabalho.

Referências

- Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2020). *Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. (ABNT NBR 9050: 2020).
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2013). *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: desempenho*. (ABNT NBR 15575:2013).
- Andrade e Silva, F. P. (2017). *Verificação automatizada dos requisitos de projetos da norma de desempenho pela plataforma BIM Solibri Model Checker*. [Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório Institucional da UFMG. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-B32NDG>
- Branco, A. P. S. C., & Almeida, M. A. (2019). Avaliação da satisfação de estudantes público-alvo da educação inclusiva em cursos de pós-graduação de universidades públicas. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 24(1), 45–67. <https://doi.org/10.1590/s1414-40772019000100004>
- Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. (2015). *Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)*. Presidência da República, https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2. Computer Integrated Construction Research Program*, The Pennsylvania State University, University Park. <http://bim.psu.edu>
- Diniz, E. P. S., & Silva, A. M. (2021). Perspectives of students with disabilities about facilitators and barriers at public universities in mato grosso do sul. *Revista Brasileira de Educaçao Especial*, 27, 461–474. <https://doi.org/10.1590/1980-54702021v27e0092>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2014). *Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores*. Bookman.
- Garcia, R. A. B., Bacarin, A. P. S., & Leonardo, N. S. T. (2018). Acessibilidade e permanência na educação superior: Percepção de estudantes com deficiência. *Psicologia Escolar e Educacional*, 22(Specialissue), 33–40. <https://doi.org/10.1590/2175-3539/2018/035>

- Kater, M., & Ruschel, R. C. (2020). O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medidas de segurança contra incêndio em BIM. *Ambiente Construído*, 20(4), 423–444. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400481>
- Mallory-hill, S., Preiser, W. F., & Watson, C. G. (2012). *Enhancing building performance*. 1.ed. John Wiley & Sons.
- Ono, R., Ornstein, S. W., Villa, S. B., & França, A. J. G. L. (2018). *Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design*. 1.ed. Oficina de Textos.
- Santos, J. T. R. A. (2021). *Análise do atendimento da norma de acessibilidade em edifício público com a aplicação do software Solibri*. [Trabalho de Conclusão de Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. Repositório Institucional da UTFPR. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27018>
- Silva Junior, M. A., & Mitidieri Filho, C. V. (2018). Verificação de critérios de desempenho em projetos de arquitetura com a modelagem BIM. *PARC - Pesquisa Em Arquitetura e Construção*, 9(4), 334–343. <https://doi.org/10.20396/parc.v9i4.8650453>
- Takagaki, C. (2016). *Regras de verificação e validação de modelos BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários*. [Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo]. Sistemas de Bibliotecas da Universidade de São Paulo. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650453>
- United States National Building Information Modeling Standard, (2008). *Overview, Principles, and Methodologies: version 1*, part 1. National Institute of Building Sciences.
- Van Der Voordt, T. J.; V; Van Wegen, H. B. (2013). *Arquitetura sob o olhar do usuário: programa de necessidades, projeto e avaliação de edificações*. 1. ed. Oficina de textos.