

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

LUCAS SEITI HAMAGUCHI

Análise da verificação automática de regras aplicada à norma de acessibilidade

Guaratinguetá

2019

Lucas Seiti Hamaguchi

Análise da verificação automática de regras aplicada à norma de acessibilidade:

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil .

Orientador: Eng. Vinícius Yoshinori Honda
Coorientador: Prof^a Dra. Márcia Regina de Freitas

Guaratinguetá
2019

H198a Hamaguchi, Lucas Seiti
Análise da verificação automática de regras aplicada à norma de
acessibilidade / Lucas Seiti Hamaguchi. – Guaratinguetá, 2019.
127 f : il.
Bibliografia: f. 126-127

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022.
Orientador: Eng. Vinícius Yoshinori Honda
Coorientador: Profa Dra. Márcia Regina de Freitas

1. Edifícios - Especificações. 2. Projeto de acessibilidade 3. Normas
técnicas (Engenharia). 4. Programação automática (Computação)
I. Título.

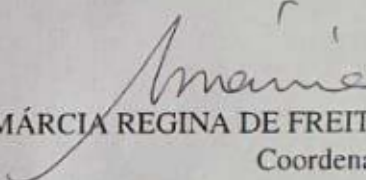
CDU 725.4

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

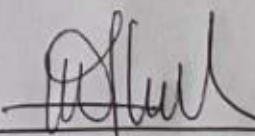
LUCAS SEITI HAMAGUCHI

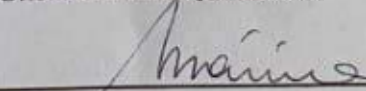
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUANDO EM
ENGENHARIA CIVIL "

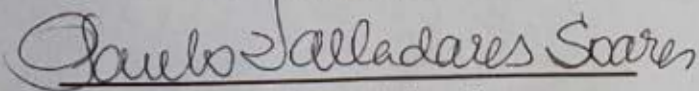
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL


Profª Dra. MÁRCIA REGINA DE FREITAS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Eng. Vinícius Yoshinori Honda
Orientador/Membro Externo


Profª Dra. Márcia Regina de Freitas
UNESP-FEG


Profº Dr. Paulo Valladares Soares
UNESP-FEG

Dezembro , 2019

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, pelo apoio constante desde o início da minha formação e sempre presentes, que me auxiliou durante todos os momentos difíceis.

A minha mãe Elisa e meu pai Humberto, pela criação, pelo ensinamento de valores, por nunca falharem como meu porto seguro, por sempre colocarem minhas prioridades frente às suas próprias, pelo amor, carinho e paciência.

A minha avó Nobuko e meu avô Minoru, que participaram intensamente na minha formação como pessoa e pelo suporte que sempre me forneceram.

Ao meu irmão Michel, que sempre me ensinou e inspirou com sua empatia e compreensão, fazendo os momentos de comemoração mais completos e os momentos de tristeza mais amenos.

Ao meu orientador, Eng. Vinícius Yoshinori Honda, por todo o suporte fornecido para o desenvolvimento desta pesquisa, por acreditar em meu potencial e por demonstrar constantemente seu genuíno interesse pela construção civil que me inspirou desde o início da minha formação como engenheiro.

A Profa Dra. Márcia Regina de Freitas, pela inspiração e suporte dado durante meu período de formação na UNESP.

A minha segunda família, República Arrancabaço, por me aceitarem e proporcionarem experiências que me trouxeram aprendizados essenciais para minha formação como pessoa e profissional.

A todos os meus amigos que me apoiaram nos momentos de revés bem como comemoraram comigo nos momentos de vitória, obrigado pela força.

Aos meus professores, pelos ensinamentos, formação acadêmica.

A UNESP por todas as oportunidades e aprendizados que me proporcionou.

A DOX Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Imobiliário por disponibilizar todas as ferramentas e contribuições que possibilitaram o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

A ABNT NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos tem como objetivo nortear a execução de empreendimentos por meio de diretrizes que estabelecem critérios e parâmetros técnicos que favoreçam as condições de acessibilidade. Estes requisitos são adotados no processo de aprovação de projetos, cujo aceite é necessário para se obter o alvará de construção de uma obra. Este processo de aprovação se mostra muitas vezes moroso, podendo impactar no prazo de entrega da obra. De forma a melhorar a eficiência tanto no desenvolvimento de projetos quanto na validação e aprovação de projetos na prefeitura, a verificação automática de regras por meio de programas computacionais aliados ao BIM (*Building Information Modeling*) têm apresentado uma melhora na eficiência destas etapas, trazendo celeridade para a checagem e, ao mesmo tempo, mitigando erros humanos com a automatização do processo. Frente a esta oportunidade de otimização, o presente trabalho focou em analisar o processo de implementação da verificação automática de regras, avaliando as capacidades e limitações da ferramenta Solibri Model Checker (SMC), aplicados em modelos BIM construídos no Revit (Autodesk), ambos aplicativos amplamente utilizados no mercado da construção. Esta pesquisa contempla análises sobre os processos de tradução da Norma, preparo do modelo BIM, configuração das regras de verificação no SMC e sua validação por meio da metodologia estudo de caso. A metodologia proposta foi aplicada em dois modelos de empreendimentos que já passaram pela fase de aprovação na prefeitura, construídos por escritórios especializados para este serviço, no intuito de que as análises desenvolvidas neste trabalho retratem de forma próxima ao cenário atual de adoção de BIM no Brasil. Da NBR 9050, 18.75% das regras foram automatizadas com o *Solibri Model Checker*, mostrando resultados assertivos. Uma vez que as regras são configuradas no SMC, os resultados puderam ser alcançados de maneira rápida, trazendo benefícios no processo de verificação de projetos em conformidade com essa norma.

PALAVRAS-CHAVE: BIM. Norma de Acessibilidade. Verificação automática.

ABSTRACT

The ABNT NBR 9050 - Accessibility to buildings, furniture, spaces and urban equipment aims to guide the execution of projects through guidelines which establish criteria and technical parameters in favor of the conditions of accessibility. These requirements are adopted in the project approval process, which acceptance is necessary to obtain the construction permit. This approval process has often shown to be time consuming and may impact the delivery time of the building. In order to improve efficiency both in the development of projects and in the validation and approval of projects in the city hall, the automatic verification of rules through computer programs allied with BIM (*Building Information Modeling*, virtual model which carries information needed in subsequent stages of the construction) has shown an improvement in the efficiency of these steps, bringing speed to the checking and, at the same time, mitigating human errors by automating the process. Faced with this optimization opportunity, the present work focused on analyzing the process of implementing automatic rule checking, evaluating the capabilities and limitations of the Solibri Model Checker (SMC), applied to BIM models built on Revit (Autodesk), both applications widely used in the construction market. This research includes analysis on the translation processes of the Standard into computer language, preparation of the BIM model, configuration of the verification rules in the SMC and its validation through the case study methodology. The proposed methodology was applied to two building models which projects have already been approved at city hall and developed by specialized offices for this service, in order to the analysis developed in this work shows closely to the current scenario of BIM adoption in Brazil. From NBR 9050, 18.75% of the rules could be automated with Solibri Model Checker, showing assertive results. Once the rule parameters is set in SMC, the results could be reached quickly, bringing benefits to the Standard rule checking process.

KEYWORDS: BIM. Accessibility Standard. Code-checking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Modelo compartilhado Revit	30
Figura 2	Fluxograma básico da Aprovação de Projetos	32
Figura 3	Comparativo de Velocidade Para Análise de Projetos	34
Figura 4	Exemplo de vista com execução de planos de corte no SMC	37
Figura 5	Interface do resultado gerado pela execução de uma <i>ruleset</i>	38
Figura 6	Interface da aba <i>Information Takeoff</i>	39
Figura 7	Exemplo de <i>Ruleset</i> do SMC - Restrições de distâncias horizontais entre elementos	40
Figura 8	Utilização do <i>Space Usage</i> no modelo	41
Figura 9	Biblioteca disponibilizada no SMC	42
Figura 10	Caso de <i>Ruleset</i> que Solicita Utilização da Classificação do SMC	46
Figura 11	Delineamento do Trabalho	50
Figura 12	Configuração da <i>ruleset</i> SOL/209	67
Figura 13	Dados de entrada para execução da regra SOL / 208	71
Figura 14	Processo de implementação do <i>code checking</i>	73
Figura 15	Fluxograma de implementação e validação do <i>code checking</i>	75
Figura 16	Resultados da Classificação Inicial da Seção 7 da NBR 9050	89
Figura 17	Resultados da Classificação Inicial de Silva e Arantes (2016)	90
Figura 18	Localização do Parâmetro <i>Comments</i> no Revit	94
Figura 19	Configuração para Exportação do Modelo no Revit	95
Figura 20	Definição do Sentido de Abertura de Portas no Revit	96
Figura 21	Disposição do Parâmetro " <i>Comments</i> " no SMC	97
Figura 22	Fórmula de Classificação de Elementos e Espaços	98
Figura 23	Interface da SOL / 21 - Entrada de Parâmetros	99
Figura 24	Interface da SOL / 38 - Entrada de Parâmetros	100
Figura 25	Interface da SOL / 176 - Entrada de Parâmetros	102
Figura 26	Interface da SOL / 208 - Entrada de Parâmetros	104
Figura 26	Interface da SOL / 208 - Entrada de Parâmetros	105
Figura 27	SOL / 209 - Interface da Entrada de Parâmetros	107
Figura 28	SOL / 209 - Interface da Entrada de Parâmetros	107
Figura 29	SOL / 222 - Interface da Entrada de Parâmetros - (Janela 1)	109
Figura 30	SOL / 222 - Interface da Entrada de Parâmetros (Janela 2)	109
Figura 31	SOL / 222 - Interface da Entrada de Parâmetros (Janela 3)	110
Figura 32	SOL / 222 - Resultado de Não Conformidade Forçada	111
Figura 33	SOL / 230 - Interface da Entrada de Parâmetros	112
Figura 34	SOL / 230 - Resultado de Não Conformidade Forçada	113

Figura 35	SOL / 231 - Interface da Entrada de Parâmetros	114
Figura 36	SOL / 231 - Resultado de Não Conformidade Forçada	115
Figura 37	SOL / 235 - Interface da Entrada de Parâmetros	116
Figura 38	SOL / 235 - Resultado de Não Conformidade Forçada	117
Figura 39	SOL / 236 - Interface da Entrada de Parâmetros	118
Figura 40	SOL / 236 - Resultado de Não Conformidade Forçada	119
Figura 41	SOL / 209 - Área Livre de Giro	120
Figura 42	SOL / 208 - Área Livre em Frente à Porta do Espaço que Ela é Aberta . .	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de Tabelas da Omniclass	24
Tabela 2 – Estrutura de Classes - ABNT NBR 15965:2011	29
Tabela 3 – Proposta de classificação de Regras de França apud. Silva e Arantes (2016)	77
Tabela 4 – Proposta de classificação de Regras objetivas	77
Tabela 5 – Resultado da Classificação de Solihin e Eastman (2015)	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CIQS	<i>Canadian Institute of Quantity</i>
CSI	<i>Construction Specifications Institute</i>
CORENET	<i>Construction and Real Estate Network</i>
EPIC	Electronic Product Information Cooperation
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GSA	<i>General Services Administration</i>
IAI	<i>Industry Alliance for Interoperability</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NBR	Norma Brasileira
OCCS	<i>Omniclass Construction Classification System</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PCD	Pessoa Com Deficiência
PNE	Portador de Necessidades Especiais
RICS	<i>Royal Institute of Chartered Surveyors</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista
SMC	Solibri Model Checker
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
2	OBJETIVOS GERAIS	15
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2.2	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	15
3	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	16
3.1	<i>BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)</i>	16
3.1.1	O BIM na indústria da construção	16
3.1.2	Estágios de adoção do BIM	17
3.1.3	Modelagem paramétrica	19
3.1.4	Interoperabilidade	20
3.1.4.1	<i>Industry Foundation Classes - IFC</i>	20
3.2	PADRONIZAÇÃO DA ESTRUTURA DA INFORMAÇÃO	21
3.2.1	Sistemas de classificação da informação da construção	22
3.2.1.1	Classificação Omniclass	23
3.2.1.2	<i>Uniformat II</i>	24
3.2.1.3	ABNT NBR 15965 - Sistemas de Classificação das Informações da Construção	28
3.3	REVIT	28
3.3.1	Famílias	30
3.4	NORMA DE ACESSIBILIDADE	31
3.5	PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS	31
3.5.1	O <i>Code Checking</i> aplicado ao processo de aprovação de projetos	33
3.6	TRADUÇÃO DE REGRAS	34
3.6.1	Metodologia RASE	35
3.7	SOLIBRI MODEL CHECKER	35
3.7.1	Interface de checagem	42
3.7.2	Classificação personalizada do SMC	45
3.8	INICIATIVAS DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS	46
3.8.1	<i>Construction and Real Estate Network (CORENET)</i> – Singapura	46
3.8.2	<i>Statsbygg</i> - Noruega	47
3.8.3	Salvador Simplifica - Brasil	48
4	METODOLOGIA	49
4.1	PROPOSIÇÕES DE ESTUDO	61

4.2	UNIDADES DE ANÁLISE	62
4.2.1	Primeiro caso: empreendimento residencial	62
4.2.2	Segundo caso: empreendimento misto	62
4.3	PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS - ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA	63
4.3.1	Interpretação e estruturação lógica de regras e suas aplicações	63
4.3.1.1	Requisitos que não são proposições	64
4.3.1.2	Requisitos não obrigatórios	64
4.3.1.3	Requisitos referenciados	65
4.3.1.4	Requisitos implícitos	65
4.3.1.5	Requisitos verificáveis e não verificáveis pelo SMC	66
4.3.1.6	Requisitos parcialmente verificáveis pelo SMC	68
4.3.1.7	Requisitos não aplicáveis para o Estudo de Caso	68
4.3.1.8	Requisitos que tratam de elementos que não constam no modelo	69
4.3.2	Preparo do modelo	69
4.3.2.1	Importação e exportação do modelo	72
4.3.3	Fase de execução das regras	72
4.3.4	Relatório dos resultados da verificação	74
4.3.5	Apuração e validação dos resultados	76
4.4	CLASSIFICAÇÃO DE REGRAS - CRITÉRIOS PARA INTERPRETAÇÃO DAS DESCOBERTAS	76
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	78
5.1	CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS REQUISITOS DA NORMA DE ACESSIBILIDADE	78
5.2	PREPARO DO MODELO E PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DAS REGRAS NO SMC	92
5.2.1	Parametrização do modelo	92
5.2.2	Definição de abertura de portas	95
5.3	EXECUÇÃO E VALIDAÇÃO DAS REGRAS DE VERIFICAÇÃO DO SMC	96
5.3.1	Classificação de elementos e espaços no SMC	96
5.3.2	Rulesets empregadas para verificação de regras	98
5.3.2.1	SOL / 21 - Componentes devem ter identificadores Únicos	99
5.3.2.2	SOL / 38 - Contagem de Espaços em cada Pavimento	100
5.3.2.3	SOL / 176 - Estrutura do Modelo	101
5.3.2.4	SOL / 208 - Regra de Portas Acessíveis	103
5.3.2.5	SOL / 209 - Regra de Áreas de Manobra	106
5.3.2.6	SOL / 222 - Distância Entre Componentes	108
5.3.2.7	SOL / 230 - Gabarito de Regra de Propriedade com Filtros e Componentes .	111

5.3.2.8	SOL / 231 - Comparação Entre Valores de Propriedades	113
5.3.2.9	SOL / 235 - Número Relativo	116
5.3.2.10	SOL / 236 - Estruturas Horizontais Devem estar Seguras Contra Quedas . . .	117
5.3.3	Limitações observadas no SMC	119
5.3.3.1	Parâmetros não deriváveis	120
5.3.3.2	Regras de checagem de áreas livres	120
5.3.3.3	Tolerâncias	121
6	CONCLUSÕES	123
	REFERÊNCIAS	126

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling*, tecnologia que visa o desenvolvimento de uma edificação a partir de um modelo virtual, tridimensional e parametrizável, contendo dados relevantes e necessários para a realização de uma construção, tem propiciado às empresas da construção civil desenvolverem e aperfeiçoarem seus processos internos, agregando valor aos seus serviços. Diante do cenário de crise da economia brasileira, onde foram observadas quedas de 20,1% no PIB entre os anos de 2014 e 2017, além da baixa produtividade da construção civil no Brasil (quatro vezes menor em relação a países como Estados Unidos, China, Rússia e países da União Europeia em 2018), o BIM passa a assumir um papel fundamental no mercado da construção civil, trazendo aumento da produtividade em diversas etapas da construção, aperfeiçoamentos nas práticas do setor, mitigação de erros e retrabalhos, além de aumentar a assertividade no levantamento de quantitativos e estimativas de gastos (ABDI, 2018).

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) está constantemente desenvolvendo maneiras inovadoras de aplicações com o BIM, contribuindo positivamente na construção civil. Dentre elas, pode se destacar a troca de informação para coordenação de projetos, análises de viabilidade de construção, integrações dos modelos com cronograma e custos, planejamento logístico, entre outros. Visando mapear os impactos do BIM notados pelas companhias do setor ao redor do mundo, as empresas que participaram da pesquisa dirigida pela McGraw Hill Construction elencaram três dos maiores benefícios que esta tecnologia trouxe às suas organizações. Foi observado que dos benefícios elencados, apenas 6% das organizações consideraram uma melhora no processo de aprovação de projetos por órgãos públicos com o emprego do BIM, mostrando que existe uma grande margem para otimização deste processo.

Para a obtenção do alvará de execução da obra, primeiramente os projetos devem ser submetidos ao processo de aprovação pelos órgãos competentes, devendo atender a todos os requisitos exigidos por lei. Portanto, visando mitigar os impactos desta etapa no prazo de entrega da obra, é fundamental que os projetos arquitetônicos já estejam atendendo aos requisitos antes do seu envio, pois em caso de não aceite, sua revisão deverá ser submetida novamente ao processo de aprovação, sendo necessário repassar por todas as suas etapas.

Convencionalmente, esta verificação é feita de forma manual, onde o analista interpreta o projeto com base em informações contidas em diversas plantas e cortes em duas dimensões. Esta disposição descentralizada de informações no projeto somado a validações executadas de forma manual resultam em um processo fragilizado, ocasionando em perdas de informação, erros acidentais e uma maior demanda de tempo para análise. Considerando o pior cenário, caso o projeto enviado aos órgãos de certificação seja reprovado e fosse necessário retomar o processo

de aprovação do início, a obra poderia sofrer meses de atraso, pois esta etapa é um requisito para a liberação do Alvará de Construção. Segundo a Prefeitura de São Paulo (2018), o prazo para aprovação de projetos em empreendimentos complexos pode variar de 75 a 130 dias.

A fim de mitigar tais efeitos negativos desse processo fragilizado, a proposta de aplicação do BIM para verificação de regras ganha destaque. A visualização 3D e a centralização da informação relevante para a verificação do modelo contribui na diminuição de erros e retrabalhos, consequentemente aumentando a produtividade e velocidade para conclusão da obra, atendendo a demanda de mercado que vem se tornando cada vez mais rígida frente a cenários de crise e desenvolvimento tecnológico. Eastman et al. (2009) afirmam que os processos de verificação de regras convencional possuem um grande impacto no prazo de entrega de uma obra. Frente a isso, os mesmos autores defendem a verificação automática de regras como ferramenta pontencial para diminuição de custos e prazos e ampla aplicabilidade.

O presente trabalho visa analisar o processo de implementação da verificação automática de regras, por meio da configuração de uma ferramenta de verificação, com emprego de uma plataforma amplamente utilizada no mercado, o Solibri Model Checker (SMC), focando-se na aplicabilidade e aderência dessas verificações nos modelos desenvolvidos em BIM. Para a configuração desta ferramenta, a pesquisa também se focou na sua flexibilidade, de forma que ela pudesse ser adaptada e utilizada em modelos de diferentes tipos e parametrizações. O cenário nacional da construção civil frente ao BIM também foi abordado ao longo das análises voltadas ao preparo do modelo. Questões relacionadas ao processo de implementação da verificação automática de regras via SMC também foram analisadas para um maior aprofundamento no entendimento de capacidades e limitações deste processo. Por fim, a ferramenta desenvolvida foi validada e os resultados foram apurados.

2 OBJETIVOS GERAIS

Considerando os benefícios que o BIM pode trazer dentro do processo de aprovação de projetos para liberação do alvará de construção, o presente trabalho tem como objetivo personalizar uma ferramenta de verificação automática de regras, coconsiderando modelos que retratem o nível de adoção do BIM praticado pelo mercado brasileiro, e avaliar a sua capacidade de checagem, com sua aplicação.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Interpretar e parametrizar os requisitos da seção 7 da NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos;
- Elaborar um processo de parametrização do modelo para viabilizar a execução de regras;
- Configurar e executar a verificação de regras através do SMC;
- Mapear as capacidades e limitações do processo de verificação automática de regras a partir dos resultados observados.

2.2 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Um ponto importante a ser destacado é que a verificação de regras foi executada exclusivamente pelo Solibri Model Checker (SMC) e que dois modelos foram utilizados para verificação, os quais foram desenvolvidos por meio do aplicativo Revit. Para uma análise completa de uma ferramenta de verificação, seria necessário testá-lo em modelos originados de outros programas, tais como ArchiCad ou AECOsim Building Designer. Além disso, também existem plataformas alternativas de verificação que podem ser adotadas para checagem, tais como Jotne EDModel-Checker, FORNAX e SMARTcodes. Apesar destas variáveis complementarem questões do estudo desta pesquisa, esta abordagem poderia torná-la impraticável.

Para o presente trabalho, foram empregados os *softwares* com grande relevância no mercado, o Revit e o Solibri Model Checker. Vale ressaltar que os resultados apurados são originados de análises voltadas às condições particulares das unidades de análises com o emprego de aplicativos específicos, evitando-se generalizá-los.

Além disso, considerando a abrangência de etapas a serem analisados ao longo do processo de configuração das regras de verificação (ou *rulesets*), a pesquisa se delimitou a analisar o processo de implementação da verificação automática da seção 7 da ABNT NBR 9050, referente a sanitários e vestiários.

3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

3.1 *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)

Segundo Eastman et al. (2014), a Modelagem da Informação da Construção ou BIM é um conjunto de metodologias de trabalho que visam a representação virtual do modelo da edificação, contendo informações relevantes que darão suporte a todos os profissionais envolvidos ao longo do ciclo de vida da obra, desde sua concepção até a fase de operação do empreendimento. A utilização do BIM em um projeto de edificação assume um papel fundamental, pois preconiza o repasse de informações relevantes às partes interessadas, contribuindo diretamente no aumento da produtividade e qualidade de uma construção, reduzindo retrabalhos, acelerando processos além de se evitar desperdícios (AZHAR, 2011).

Segundo Underwood e Isikdag *apud* Manzione (2013) o BIM possui as seguintes características:

- Orientado a objetos
- Rico em dados e abrangente, ao mesmo tempo que cobre e mantém suas características físicas e funcionais
- Tridimensional
- Espacialmente relacionado
- Semanticamente rico
- Modelo com capacidade de gerar vistas

3.1.1 O BIM na indústria da construção

Dentro de um contexto de mercado competitivo e avanço tecnológico na indústria da AEC, com maiores demandas de serviço e produtividade, as empresas vem desenvolvendo seus processos aliados ao BIM. Isso pode ser observado nos resultados das pesquisas realizadas pela McGraw Hill Construction (2015). Essa pesquisa trouxe um comparativo entre construtoras com elevado nível de implementação BIM de diferentes países ao redor do mundo, mostrando a taxa de adoção da tecnologia em seus projetos em 2013 e as respectivas projeções para os anos seguintes. A mesma pesquisa aponta que as empresas brasileiras apresentaram a maior projeção de crescimento entre os entrevistados, saltando de 24% em 2013 para 74% em 2015 enquanto que a média mundial partiu de 39% em 2013 para 69% em 2015, ficando a frente de países como Japão, Reino Unido, Canadá, Alemanha e Coreia do Sul. Isso mostra um grande interesse na adoção do BIM por parte das construtoras ao redor do mundo, com destaque para

o Brasil, indicando que o mercado já percebeu os benefícios que esta ferramenta pode trazer e consequentemente, a demanda de serviços com sua utilização aumentará com o passar do tempo.

Apesar desta tendência de mercado no cenário mundial, o mesmo autor afirma que a implementação do BIM dentro das organizações e nos processos da obra é onerosa, tendo em vista os elevados custos com *softwares* além da necessidade de uma reestruturação interna nas empresas, abrangendo capacitações dos profissionais e revisões nos processos internos. Segundo uma pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) em 2018, dentre as 700 empresas do setor que participaram, apenas 9,2% adotaram a tecnologia em seus processos (ABDI, 2018), evidenciando que a adoção do BIM ainda é restrito e desigual no país e possui um grande potencial para crescimento.

3.1.2 Estágios de adoção do BIM

Segundo Succar (2009), ao longo do processo de implementação do BIM nas organizações, ela passa por etapas sucessivas antes de alcançar um elevado nível de adoção de BIM em seus processos. Apesar da oportunidade de crescimento para o uso desta metodologia no Brasil, deve-se considerar que o seu desenvolvimento não ocorrerá de maneira abrupta, sendo necessário adaptar os fluxos de trabalho de acordo com o grau de maturidade de adoção do BIM em cada organização.

Considerando os benefícios que o BIM traz à construção, para que o processo de aprovação de projetos seja o mais eficiente possível, em termos de velocidade e assertividade, todas as partes envolvidas devem empregar essa metodologia, pois caso haja a adoção por apenas uma das entidades, a melhora nos resultados poderão ser observadas apenas dentro dos processos da mesma. Além disso, a produtividade desta fase também depende da interação entre os autores de projeto e os órgãos de verificação competentes, pois de nada adianta uma das partes possuir um elevado grau de maturidade na adoção do BIM se a outra não possuir a infraestrutura necessária para trabalhar conjuntamente com esta tecnologia.

Segundo Succar, Sher e Willians (2012), o conceito de capacidade em BIM é definido pelas habilidades e competências que uma organização ou equipe desempenham em suas atividades com o emprego do BIM, sendo elas representadas através de estágios de adoção.

A fase anterior ao emprego do BIM na construção é denominada pré-BIM. Pode ser definida por organizações que atuam na indústria da AEC baseando-se apenas em memoriais descritivos e em projetos em duas ou três dimensões, dispondo de informações descentralizadas e processos fragmentados.

Para as etapas mais desenvolvidas com o emprego do BIM, Succar (2009) propõe uma classificação fundamentada nas capacidades, às quais uma organização pode se enquadrar, cada uma representando um grau de amadurecimento da inserção do BIM, considerando seus processos, políticas e utilização da tecnologia. São eles:

1. *BIM Capability Stage 1* - Estágio 1: Modelagem - modelagem baseada em objeto

2. *BIM Capability Stage 2* – Estágio 2: Colaboração - colaboração baseada em modelo multidisciplinar

3. *BIM Capability Stage 3* – Estágio 3: Integração - integração baseada em rede

Segundo Ruschel, Andrade e Morais (2013), o primeiro estágio, focado na modelagem, geralmente envolve apenas uma disciplina de projeto, com processos definidos porém com uma comunicação e entrega de materiais detalhados não simultâneos. Os produtos gerados são modelos 3D geométricos (não parametrizados) e relatórios extraídos a partir deste modelo (análises, desenhos, quantitativos, etc.), proporcionando melhorias na gestão e compatibilização quando comparados ao Pré-BIM, onde não existe a adoção da metodologia. Observa-se uma mudança dirigida pela implementação tecnológica de alto nível, seguida de algumas mudanças nos processos e políticas.

Além das mudanças observadas na primeira fase, o segundo estágio se caracteriza pelo desenvolvimento colaborativo de trabalhos multidisciplinares, com o compartilhamento de modelos em formatos não proprietários. Succar (2009) afirma que nessa etapa, a troca de informações podem ser feitas, envolvendo até duas disciplinas (arquitetura, estrutura, mecânica, elétrica, hidráulica, climatização, etc.) e até duas fases (projeto, construção e operação). Para Ruschel, Andrade e Morais (2013), percebe-se uma melhoria na interoperabilidade entre os envolvidos, porém o processo ainda é assíncrono. Os principais produtos gerados nesta fase são os modelos 4D (modelo pareado com o planejamento), compatibilizações por meio do *Clash Detection* (verificação de conflitos) e maior qualidade na extração de informações do modelo. Para o bom funcionamento deste modelo de trabalho, os mesmos autores ressaltam a necessidade da coordenação de projetos, demandando uma maior mudança nos processos e políticas da organização ao se comparar com o primeiro estágio.

Dando continuidade à evolução do nível de utilização do BIM, o terceiro estágio é caracterizado pela integração em rede com o compartilhamento de modelos da construção, promovendo trabalhos colaborativos ao longo de todo o seu ciclo de vida (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Nessa fase, a interação multidisciplinar ocorre de maneira simultânea, fazendo com que o processo convencional de trabalho deixe de depender das entregas, trazendo uma maior sincronia e celeridade em todas as etapas de uma obra (SUCCAR, 2009). Com isso, a utilização do modelo assume um papel mais estratégico, atuando em áreas como inteligência de mercado, construção enxuta, políticas de sustentabilidade, além de permitir análises complexas em fases iniciais de projeto. Para Ruschel, Andrade e Morais (2013), esse estágio exige grandes mudanças nas políticas organizacionais, seus processos e também na implementação tecnológica, uma vez que esta forma de trabalho necessite de uma infraestrutura virtual com elevada capacidade de processamento de dados.

3.1.3 Modelagem paramétrica

Segundo Eastman et al. (2014), a modelagem paramétrica representa um conjunto de objetos parametrizados, contendo regras que definem características geométricas e propriedades intrínsecas ao contexto que este elemento está inserido. Elas devem possuir as seguintes características:

- Associação de regras e dados às definições geométricas
- Geometria não redundante e integrada
- Atualizações automáticas da geometria associada acompanhando modificações de regras paramétricas aplicadas aos objetos
- Permitir que se defina objetos em diferentes níveis de agregação
- Possibilidade de inserção e relacionar uma variedade de propriedades e atributos

Na indústria da construção, já se verifica que as empresas utilizam da modelagem paramétrica para realizar atualizações automáticas quando um objeto é colocado em diferentes contextos de acordo com o controle do usuário, agilizando o processo de revisão, diminuindo erros e evitando retrabalhos. Uma aplicação prática disso é observada nos arquivos de modelagem BIM de instalações hidráulicas disponibilizados pela Tigre: ao se conectar tubulações de diferentes diâmetros no Revit, automaticamente são criadas conexões (luvas) com as medidas compatíveis para ambos os tubos, de forma que o usuário não precise selecionar um tipo específico de conexão compatível para modelagem desta instalação. Com isso, além do ganho de tempo para a construção do *design* 3D, pode também auxiliar em análises posteriores, como por exemplo no levantamento de quantitativos para orçamentos ou controle de materiais na obra.

Somado a isso, a modelagem paramétrica também pode ser utilizada para gestão da informação, contribuindo de forma positiva nas etapas subsequentes de uma construção. Estas vantagens são observadas por exemplo na pesquisa de Dias e Arantes (2015), na qual um grupo desenvolveu uma solução para suprimentos em canteiro de obra com o BIM. Foram criados objetos virtuais parametrizados, onde neles foram inseridos, além de suas propriedades geométricas, especificações dos materiais que estavam alinhados à rede de suprimentos. Através do *software* desenvolvido por esse grupo, os objetos foram exportados, carregando consigo os dados relevantes para este processo. Em seguida, os projetistas da obra utilizaram estes arquivos como insumo para o desenvolvimento de seus modelos, utilizando os objetos parametrizados para que, desta forma, as informações relacionadas a rede de suprimentos fossem compatibilizadas com as características e especificações deste projeto. Concluídos os modelos 3D, o mesmo aplicativo utilizado para exportação dos elementos virtuais, foi utilizado para extrair os códigos empregados para o processo de suprimento do modelo, promovendo um melhor controle dos materiais enviados ao canteiro, diminuindo retrabalhos e desperdícios.

3.1.4 Interoperabilidade

Eastman et al. (2014) afirmam que as tarefas associadas ao projeto de uma obra não podem ser suportadas completamente por uma única aplicação. O desenvolvimento de um empreendimento envolve o trabalho colaborativo entre especialistas de diferentes disciplinas nas mais diversas etapas da construção, os quais trabalham com programas que melhor se adequam às suas necessidades. Dado a ampla variedade de programas utilizados ao longo do processo da construção e a importância do trabalho colaborativo, a interoperabilidade entre estes aplicativos assume um papel fundamental para a troca de dados entre as partes envolvidas.

No contexto do BIM, o mesmo autor define a interoperabilidade como a capacidade de transmissão de dados por meio do produto gerado de aplicativos diferentes e específicos, preconizando uma entrada única de dados no intuito de facilitar fluxos de trabalho e automatizar processos.

No âmbito da digitalização de organizações públicas, a Comissão de Serviços Estatais da Nova Zelândia define que a interoperabilidade é a habilidade de organizações governamentais compartilharem informações e integrá-las aos negócios através de padrões comuns (*State Services Commission, 2007*).

3.1.4.1 *Industry Foundation Classes - IFC*

Frente a esta necessidade, o *Industry Foundation Classes*, o IFC, surgiu como modelo extensível e não proprietário, representando um conjunto de dados consistentes relacionados à construção com a capacidade de se intercambiar informações específicas. Seu desenvolvimento se originou com trabalhos da *Industry Alliance for Interoperability* em 1994, visando um meio de troca de dados através de um modelo para melhorar a comunicação dentro da indústria da AEC. Esse formato promove a padronização para o intercâmbio de informações, porém não atua na estrutura de dados que nela está contida, limitando a interoperabilidade para apenas algumas aplicações.

Segundo a *buildingSMART*, o IFC é definido como conjunto de dados que compreende informações de diversas disciplinas, permitindo a troca de dados de forma que contribuam para um empreendimento ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde sua concepção até a reforma ou sua demolição (MANZIONE, 2013).

Esse formato de arquivo é fruto dos esforços do *International Standard Organization (ISO)*, que tiveram como objetivo criar um padrão internacional de trocas de informação. Em 1984, a ISO passou a desenvolver o *Standard for the Exchange of Product Data (STEP)*, definindo normas para representação e troca de dados da indústria da AEC definindo a linguagem de modelagem, denominada EXPRESS (MANZIONE, 2013). É um protocolo internacional para intercâmbio de dados entre aplicativos, não proprietário (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

O modelo IFC é desenvolvido pelo *Model Support Group*, dirigido pela *buildingSMART*. Esta instituição fornece certificações para as empresas de *software* que desenvolvem funcionalidades de exportação de dados em IFC (MANZIONE, 2013)

Nawari (2012) afirma que com o surgimento deste formato, as possibilidades e alcances da verificação de regras foram impulsionadas, pois antes, existia um bloqueio na troca de informações contidas em modelos provenientes de diferentes *softwares*, não havendo uma forma de integração entre eles. Agora, é possível trabalhar com base em um modelo federado, ou seja, uma representação visual e integrada de uma edificação, composta por modelos de diferentes disciplinas, mantendo suas identidades e integridades.

Nesse sentido, apesar dos benefícios apresentados pelo IFC, Andrade e Ruschel (2009) ressaltam que pelo fato deste formato ser aberto e projetado para trabalhar com qualquer programa, seus usuários acabam estruturando os dados, cada um à sua maneira, com definições e relações únicas. Isso acaba dificultando na comunicação entre as partes envolvidas, por dois motivos:

- Dependendo do programa empregado para a modelagem BIM, seus processos de exportação e importação de dados convertem as informações dos modelos de maneiras variadas, divergindo no comportamento deste processo de acordo com o aplicativo empregado, podendo até ocasionar em perdas de informação. Considerando este efeito, os mesmos autores afirmam que os aplicativos utilizados na construção possuem diferentes níveis de interoperabilidade.
- A forma em que uma informação é inserida no modelo também pode impactar na interoperabilidade, pois um mesmo dado pode ser armazenado e codificado através de estruturas distintas dentro de um mesmo aplicativo. Dessa forma, a falta de um padrão para inserção de dados pode dificultar sua consulta após a exportação ou até ser perdida durante esse processo.

Além disso, Kiniviemi et al. (2008) ressaltam que apesar do uso do IFC suprir as demandas de determinadas tarefas, ainda existe uma grande parte do processo da construção que ainda não são suportadas por este formato, devido a falta de robustez no compartilhamento de dados. Frente a estas dificuldades, os autores consideram a integração BIM completa na indústria da construção como um dos maiores desafios.

3.2 PADRONIZAÇÃO DA ESTRUTURA DA INFORMAÇÃO

Mesmo que se tenha observado grandes avanços com o uso do IFC, Andrade e Ruschel (2009) afirmam que a perda de informações e incongruências ainda são verificadas na construção civil, devido à falta de padronização e a sua elevada complexidade.

Poças Martins, Rangel e Abrantes (2016) consideram necessário estabelecer conjuntos de formatos padrões que favoreçam a troca de informações entre diferentes aplicativos através do formato IFC, pois apesar de sua constante evolução, a diminuição da perda de informações durante essa troca não pode ser alcançada confiando ingenuamente nos processos de exportação e importação dos modelos.

Catelani e Santos (2018) apontam a padronização das informações utilizadas como uma ferramenta importante na construção civil, pois contribui para a viabilização de um trabalho colaborativo através do aproveitamento dos trabalhos feitos anteriormente. Sem ela, os autores ressaltam que mesmo tarefas simples como nomenclaturas de componentes podem gerar mal entendidos e retrabalhos.

Nesse sentido, Rodrigues (2015) alerta sobre os impactos negativos na verificação automática de regras oriundas da falta de padronização no processo de parametrização dos objetos. Em seu estudo, foi observado que cada disciplina adotou um padrão diferente de nomenclatura para seus respectivos modelos. Ao centralizá-los na plataforma de verificação de regras por meio do IFC, foi necessário reconfigurar e adaptar as regras de verificação, demandando uma intervenção manual que prejudicou na celeridade do processo automatizado e na assertividade dos resultados gerados. Considerando essas dificuldades, os mesmos autores sugerem a execução de regras de pré-checagem que verificam as nomenclaturas utilizadas, permitindo localizar e mapear os elementos envolvidos nas checagens posteriores. Desta forma, esta ferramenta indica os elementos que possuem parâmetros e nomenclaturas atribuídas fora dos padrões preestabelecidos, além de assegurar que os modelos recebidos possuam as informações necessárias, favorecendo uma boa gestão da informação da obra.

Somado a isso, Eastman et al. (2009) apontam a necessidade de uma verificação e validação prévia das informações que são transmitidas através do arquivo IFC para assegurar que o modelo atenda aos requisitos mínimos de informação, considerando eventuais problemas durante o processo de importação e exportação do modelo. A falha da transcrição das informações deste processo gera arquivos fragmentados que resultarão em checagens falhas, pois compromete o modelo que é utilizado para verificação de regras. Os mesmos autores sustentam a utilização das regras de pré-checagem para mitigar estes problemas.

Alinhado à importância da padronização dos parâmetros dos modelos, Nawari (2012) defende uma parametrização sistemática dos objetos, classificando-os em categorias e subcategorias, seguindo níveis hierárquicos. Este tipo de organização permite uma melhor disposição da informação de forma em que o seu mapeamento seja facilitado. Portanto, no caso de um modelo de arquitetura com o emprego de elementos parametrizados, é possível visualizar que os elementos criados como janelas, por exemplo, é uma categoria que está inserida dentro de uma classe mais abrangente, dos ambientes, que por sua vez estão inseridos na categoria de pavimentos. Estas condições de contorno permitem que a informação seja agrupada e filtrada de formas diversas, auxiliando em análises futuras no decorrer da obra.

3.2.1 Sistemas de classificação da informação da construção

No intuito de se definir uma organização padronizada da informação, diversos sistemas de classificação da informação da construção foram desenvolvidos, definindo estruturas lógicas e hierárquicas codificadas com níveis de detalhamento descritas em tabelas, contribuindo para a

interoperabilidade e troca de dados entre as disciplinas envolvidas na construção. Elas serão explicitadas nas seções a seguir.

3.2.1.1 Classificação Omniclass

O *Omiclass Construction Classification System* (OCCS) é um sistema de classificação das informações da construção. Ele tem como foco promover a organização das informações ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento, através de classificações contidas em uma base unificada, possibilitando até a recuperação de informações. Seu desenvolvimento se baseou na norma ISO-12006-3 (2007), possuindo uma versão traduzida para o português na ABNT-NBR-ISO-12006-2, mesclando informações e conceitos de três outros sistemas precursores: o MasterFormat direcionada para resultados do trabalho, o Unifformat, para sistemas e componentes de uma edificação e o *Electronic Product Information Cooperation* (EPIC), para produtos.

Amorim e Silva (2010) destacam algumas vantagens no seu emprego:

- Auxílio no controle de custos e suprimentos para gerenciamento de obras
- Favorece a comunicação entre as partes envolvidas através da interoperabilidade
- Favorece a intercambialidade, facilitando a realização de comparativos entre bases conceituais de sistemas estrangeiros
- Contribui nos processos de especificação e controle do processo construtivo de um empreendimento
- Facilita a rastreabilidade

É formada por 15 tabelas, respeitando organizações hierárquicas, podendo ser adequadas através de combinações, cobrindo diversos aspectos da construção, conforme apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação de Tabelas da Omniclass

Série	Tabela	Descrição
10	11	Entidades de construção pela função
	12	Entidades de construção pela forma
	13	Espaços pela função
	14	Espaços pela forma
20	21	Elemento
	22	Resultados do trabalho
	23	Produtos
	31	Fases
	32	Serviços
30	33	Disciplinas
	34	Funções organizacionais
	35	Ferramentas e equipamentos
40	41	Materiais
	42	Propriedades

Fonte: Adaptado OMNICLASS (2006) e CSI (2012) *apud*. Manzione (2013).

3.2.1.2 *Uniformat II*

Segundo Charette e Marshall (1999) o *Uniformat II* é um sistema, desenvolvido pela *General Services Administration* (GSA) e a *Industry Alliance for Interoperability* (IAI), dando sequência a sua versão anterior, *Uniformat*, organizando as informações da construção de acordo com as funcionalidades de uma edificação, favorecendo a obtenção de detalhes específicos. O *Uniformat*, que contempla os primeiros três níveis de classificação já mostrou impactos positivos para a verificação automática de regras, sendo integrada à plataforma *Solibri Model Checker* (SMC) como um dos formatos padrão de classificação. A publicação desta nova versão, trouxe um quarto nível de detalhamento, compondo os seguintes níveis de detalhamento:

- Nível 1: Elementos do grupo principal
- Nível 2: Elementos do grupo
- Nível 3: Elementos individuais
- Nível 4: Subelementos

Sua abordagem se diferencia de outras classificações no mundo, pois não é composta por uma listagem hierárquica exaustiva, mas organiza a informação de maneira mais abrangente, permitindo combinações e agregações entre eles, seguindo critérios estabelecidos pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM), apresentada no Quadro 1.

A implementação do quarto nível de detalhamento se originou de uma necessidade de classificação mais específica para determinados empreendimentos. Esta nova versão foi desenvolvida para atender às seguintes questões:

- Aplicável a qualquer tipo de empreendimento
- Permitir a consulta de detalhes específicos para descrição de edificações especiais
- Separa a classificação de elementos das classificações relacionadas à fase de execução
- Relacionada a outros tipos de classificação, como por exemplo o sistema canadense *Canadian Institute of Quantity (CIQS)* e o inglês *Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS - UK)*

Quadro 1 – Uniformat II

(continua)

Nível 1 Grupo Maior de Elementos	Nível 2 Grupo de Elementos	Nível 3 Elementos Individuais	
A - INFRAESTRUTURA	A10 - Fundações	A1010 - Fundações comuns	
		A1020 - Fundações especiais	
		A1030 - Lajes inclinadas	
	A20 - Construção do subsolo	A2010 - Escavação do subsolo	
		A2020 - Paredes cortina do subsolo	
	B - PERÍMETRO	B10 - Superestrutura	B1010 - Construção do piso
B1020 - Construção da cobertura			
B20 - Fechamento externo		B2010 - Paredes externas	
		B2020 - Janelas externas	
		B2030 - Portas externas	
B30 - Cobertura		B3010 - Acabamentos da cobertura	
		B3020 - Aberturas da cobertura	
C - INTERIORES		C10 - Construções internas	C1010 - Vedações
			C1020 - Portas internas
	C1030 - Acessórios		
	C20 - Escadas	C2010 - Construção da escada	
		C2020 - Acabamentos da Escada	
	C30 - Acabamentos internos	C3010 - Acabamentos de paredes	
		C3020 - Acabamentos de pisos	
		C3030 - Acabamentos de forros	

Quadro 1 – Unifomat II

(continuação)

Nível 1 Grupo Maior de Elementos	Nível 2 Grupo de Elementos	Nível 3 Elementos Individuais
D - SERVIÇOS	D10 - Transporte	D1010 - elevadores
		D1020 - Escadas rolantes
		D1090 - Outros sistemas de transporte
	D20 - Sistemas hidráulicos	D2010 - Fixação de tubulações
		D2020 - Distribuição doméstica de água
		D2030 - Esgoto sanitário
		D2040 - Drenagem de águas pluviais
		D2090 - Outros sistemas hidráulicos
	D30 - Climatização	D3010 - Suprimento de energia
		D3020 - Sistemas de geração de calor
		D3030 - Sistemas de refrigeração
		D3040 - Sistemas de distribuição
		D3050 - Terminais
		D3060 - Controles e instrumentação
		D3070 - Testes e balanceamento
	D40 - Combate a incêndio	D4010 - Sprinklers
		D4020 - Tubulações
		D4030 - sistemas especiais de proteção
		D4090 - Outros sistemas
	D50 - Sistemas elétricos	D5010 - Distribuição elétrica
D5020 - Iluminação e fiação		
D5030 - Comunicações e segurança		
D5090 - Outros sistemas		
E - EQUIPAMENTOS E MOBILIÁRIO	E10 - Equipamentos	E1010 - Equipamentos comerciais
		E1020 - Equipamentos institucionais
		E1030 - Equipamento de veículos
		E1090 - Outros equipamentos
	E20 - Mobiliário	E2010 - Mobiliários fixos
		E2020 - Mobiliários removíveis

Quadro 1 – Unifomat II

(conclusão)

Nível 1	Nível 2	Nível 3
Grupo Maior de Elementos	Grupo de Elementos	Elementos Individuais
F - CONSTRUÇÃO ESPECIAL E DEMOLIÇÃO	F10 - Construção especial	F1010 - Estruturas especiais
		F1020 - Construções integradas
		F1030 - Sistemas de construção especiais
		F1040 - Sistemas de instalações especiais
		F1050 - Consoles especiais e instrumentação
	F20 - Demolição seletiva	F2010 - Demolição de elementos do edifício
		F2020 - Demolição de elementos perigosos
G - CANTEIRO DE OBRAS	G10 - Preparação do canteiro	G1010 - Limpeza do terreno
		G1020 - Demolições
		G1030 - Site Earthwork
		G1040 - Remoção de resíduos perigosos
	G20 - Melhorias do canteiro	G2010 - Acessos
		G2020 - Estacionamento
		G2030 - Acessos para pedestres
		G2040 - Desenvolvimento de canteiro
		G2050 - Paisagismo
	G30 - Utilidades civis e mecânicas	G3010 - Suprimento e distribuição de água
		G3020 - Sistemas de esgotos sanitários
		G3030 - Captação de água da chuva
		G3040 - Distribuição de aquecimento
		G3050 - Distribuição de resfriamento
		G3060 - Distribuição de combustível
		G3090 - Outras utilidades
	G40 - Utilidades elétricas do canteiro	G4010 - Distribuição elétrica
		G4020 - Iluminação do canteiro
		G4030 - Comunicações e segurança
		G4090 - Outras utilidades elétricas
	G50 - Outras construções	G5010 - Túneis
		G5090 - Outros sistemas e equipamentos

Fonte: Adaptado Unifomat II (1992)

3.2.1.3 ABNT NBR 15965 - Sistemas de Classificação das Informações da Construção

A ABNT NBR 15965 surgiu com o propósito de normalizar classificações dentro da construção civil, promovendo uma estrutura de dados padronizada e consistente e preservando a informação, seja com o emprego de aplicativos diferentes ou entre os mesmos (ABNT, 2012)

Ela é composta por treze tabelas, apresentando uma organização hierarquizada correspondendo a técnicas e sistemas construtivos tipicamente utilizados na construção, incluindo soluções construtivas dentro do contexto brasileiro. Ela engloba toda a indústria da AEC, contemplando os setores de infraestrutura, edificações e o setor industrial.

As tabelas possuem duas colunas, uma representando um código de classificação, respeitando organizações hierárquicas, e outra, com suas respectivas nomenclaturas padrão. A sua estrutura de códigos foi baseada na ABNT NBR ISO 12006-2, sendo dividida em seis grupos da construção que serão publicadas cada uma em partes da ABNT NBR 15965 (estrutura resumida na Tabela 2):

- Parte 1: Terminologia e classificação (publicada em 2011)
- Parte 2: Características dos objetos da construção (publicada em 2012)
- Parte 3: Processos da construção (publicada em 2014)
- Parte 4: Recursos da construção (em desenvolvimento)
- Parte 5: Resultados da construção (em desenvolvimento)
- Parte 6: Unidades da construção (texto já aprovado pela Comissão de Estudo Especial (CEE), porém não publicado)
- Parte 7: Informação da construção (publicada em 2015)

3.3 REVIT

O Revit é um programa originalmente desenvolvido pela empresa Revit Technology Corporation, comprada em 2002 pela Autodesk, que permite a modelagem de uma edificação, sendo um dos aplicativos mais empregados para a inserção do BIM dentro dos processos de desenvolvimento de projetos no mercado da construção. Ele possui uma interface semelhante ao Autodesk AutoCad, porém com uma base de dados orientada a objetos, possibilitando que o usuário crie elementos de uma obra, tais como portas, janelas, vigas e instalações. No AutoCad, estes elementos são contruídos através de um conjunto de geometrias que as compõem. Uma funcionalidade importante a ser destacada é a aba de propriedades, onde são inseridos os parâmetros que definem as características do elemento ou de um conjunto de elementos.

Além disso, essa ferramenta permite a modelagem paramétrica, realizando atualizações automáticas a medida que são alteradas as condições e relações dos elementos de um modelo.

Tabela 2 – Estrutura de Classes - ABNT NBR 15965:2011

Identificador	Tema	Assunto	Classificação
0	Características dos objetos	Materiais	0M
		Propriedades	0P
		Fases	1F
1	Processos	Serviços	1S
		Disciplinas	1D
		Funções	2N
2	Recursos	Equipamentos	2Q
		Componentes	2C
		Elementos	3E
3	Resultados da construção	Construção	3R
		Unidades	4U
4	Unidades e espaços da construção	Espaços	4A
		Informação da construção	5I

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15965 (2011)

Por exemplo, ao se modificar a posição de uma parede que contém uma porta, observa-se que a porta acompanha essa alteração, mantendo sua relação com a parede. Adicionalmente, a plataforma oferece também instrumentos para levantamentos de quantitativos, contribuindo para a celeridade e assertividade das análises.

Com relação à interoperabilidade, o programa possui a função exportação dos modelos virtuais, realizando a conversão do formato nativo (".rvt") para o formato neutro e interoperável, IFC (".ifc"). Da mesma forma, para a importação, o *software* também realiza a conversão inversa. Este processo executado pelo Revit foi certificada pelas normas de intercâmbio de dados da BuildingSMART, sendo constantemente atualizado, promovendo a inclusão de novas funcionalidades e correções de erros de sistema.

O pacote do Revit contempla três grandes áreas da construção:

- *Revit Architecture* - Arquitetura

Área focada para o desenho arquitetônico de um projeto, onde se trabalha seus conceitos iniciais, permitindo elevados níveis de detalhamento.

- *Revit Structure* - Estrutural

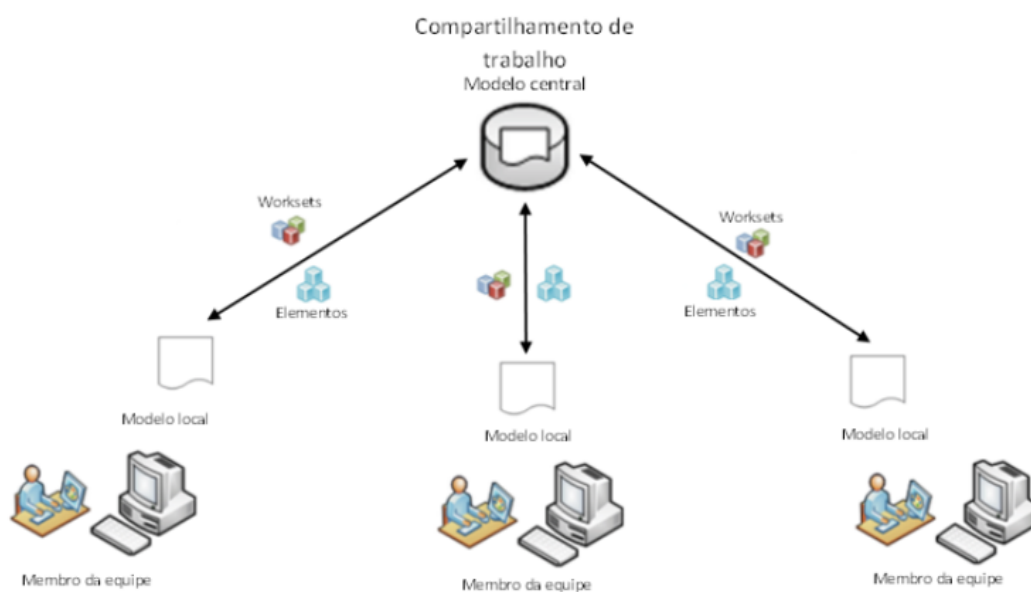
Dentro desta disciplina, são disponibilizadas as ferramentas utilizadas para detalhamento e análise de estruturas

- *Revit MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing)* - Sistemas Mecânicos, Elétricos e Hidráulicos

Por fim, os sistemas MEP permitem que o usuário desenvolva modelos com ferramentas voltadas para estas disciplinas, sendo eles eletrocalhas, dutos, tubos e equipamentos.

Aliadas à disponibilização de ferramentas multidisciplinares, o Revit também dispõe de ambientes colaborativos de trabalho, permitindo o compartilhamento de projetos por meio de um modelo central, de forma que os responsáveis por cada disciplina consigam realizar as alterações de forma simultânea e que todos possam visualizar as atualizações (Figura 1), promovendo uma comunicação mais eficiente e integrada.

Figura 1 – Modelo compartilhado Revit



Fonte: Autodesk (2019)

3.3.1 Famílias

O Revit define as famílias como um conjunto de elementos com parâmetros e objetos relacionados, possuindo configurações próprias e intrínsecas ao seu funcionamento, suas características e a sua forma. Além disso, o Revit permite que o usuário atribua um conjunto de propriedades e parâmetros que melhor se adeque para sua finalidade.

As famílias podem ser compostas por diversos tipos, definidos como elementos ou objetos que possuem as mesmas características dentro da mesma família. Esta classe está posicionada a um nível hierárquico abaixo das famílias.

Para a modelagem, o Revit permite que o usuário configure os parâmetros no nível das famílias, os quais serão aplicados a todos os tipos que compõem este grupo. No caso em que o usuário altera os parâmetros dos tipos, observa-se que estas características acabam sendo aplicados apenas ao objeto configurado, não estendendo aos outros tipos que compõem a família. Com isso, o programa flexibiliza a reconfiguração do modelo, permitindo a inserção de propriedades em diversos níveis hierárquicos de forma mais abrangente ou específico.

3.4 NORMA DE ACESSIBILIDADE

A Organização das Nações Unidas ONU (1993) publicou a Norma sobre a Igualdade de Oportunidades para as Pessoas com Deficiência, preconizando a Acessibilidade como meio de promover a igualdade de participação, incentivando os Estados a iniciarem programas de ação que tornem o meio físico acessível. No sentido de promover esta inclusão, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define na NBR 9050 os aspectos que devem ser observados nas construções, padronizando critérios básicos que atendam o decreto nº 5296/2004 do artigo 84 da Constituição. Com isso, a indústria da AEC é diretamente impactada, considerando que o alvará de funcionamento e o habite-se são concedidos na condição em que as edificações atendam as exigências previstas nas normas da ABNT e nos códigos das esferas municipal, estadual e federal (Prefeitura de São Paulo, 2014).

A ABNT NBR 9050 passou por grandes mudanças desde seu início, em 2004 até sua última edição, de 2015, aumentando sua complexidade. Considerando a Seção 7 da NBR 9050 referente a sanitários, banheiros e vestiários, houve um crescimento considerável no volume de conteúdo presente com o avanço e desenvolvimento das edições subsequentes (o dobro do número de páginas ao se comparar essas duas versões).

A última versão da Norma, de 2015, conta com 10 partes, iniciando pela definição de seu escopo, referencial normativo e termos e definições empregadas no documento. Os requisitos e disposições passam a ser explicitados nos itens seguintes:

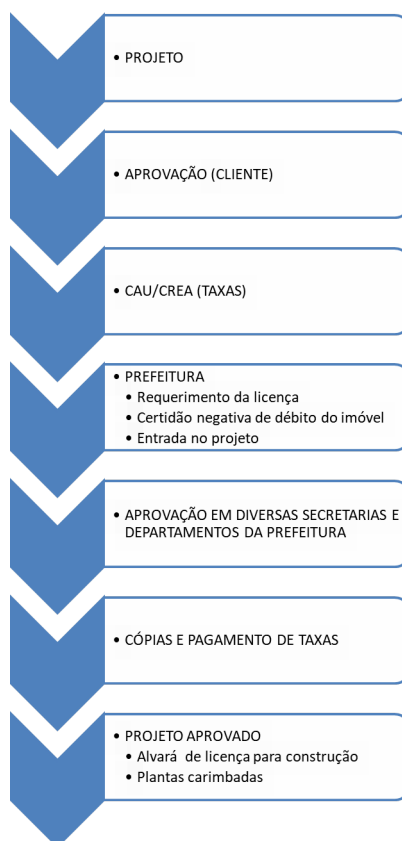
- Parâmetros Antropométricos
- Informação e Sinalização
- Acessos e Circulação
- Sanitários, Banheiros e Vestiários
- Mobiliário Urbano
- Mobiliário
- Equipamentos Urbanos

3.5 PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS

Antes da liberação do alvará de construção, uma série de providências e adequações devem ser adotadas junto aos órgãos públicos responsáveis pela aprovação de projetos, tais como a prefeitura, corpo de bombeiros, Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), entre outros. Sem a liberação do alvará, a obra pode ser embargada, resultando em atrasos na entrega do empreendimento, além de trazer consigo um aumento de custos.

Os sistemas de aprovação e a regulamentação variam de acordo com o município em que será averiguada a conformidade dos projetos com as leis vigentes. De acordo com Prefeitura de São Paulo (2012), atualmente a aprovação pode ser feita por meio eletrônico, no intuito de agilizar o processo de licenciamento das obras. O fluxograma do processo de aprovação de projeto está ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma básico da Aprovação de Projetos



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2012)

Primeiramente, o autor do projeto deve preencher o requerimento e enviar os documentos necessários à prefeitura. Em seguida, os proprietários deverão dar um aceite para que seja gerada uma guia de pagamento. Após efetuado o pagamento da taxa, um número do processo é gerado para que se possa acompanhar o seu andamento.

A partir dos projetos enviados inicialmente, o departamento responsável emite um boletim de dados técnicos para que sejam analisadas as conformidades e não-conformidades com as regulamentações vigentes pela equipe técnica. Caso os projetos apresentem, elementos incompletos, incorretos ou precisarem de maiores esclarecimentos, serão enviados comunicados aos projetistas, através do "comunique-se", para que sejam explicitadas todas as questões duvidosas relacionadas ao projeto. Do contrário, a equipe técnica analisa e conclui a verificação, repassando o relatório de deferimento ou indeferimento para outro departamento. A partir deste ponto, é realizada uma averiguação de pendências monetárias. Caso haja um indeferimento após as verificações de conformidade de projeto, ou das pendências ou um não atendimento ao comunique-se, o

processo é encerrado, publicado no Diário Oficial e um alerta é enviado aos envolvidos. Quando há uma conformidade ao longo de todo o processo de validação, as plantas são aprovadas e o alvará de construção é liberada. Vale ressaltar que em caso de troca de projetos após o início do processo não é possível mudar de categoria ou subcategoria de uso ou de sua tipologia. Assim como nos casos de indeferimento, para a aprovação do projeto, será preciso protocolar uma nova solicitação.

3.5.1 O *Code Checking* aplicado ao processo de aprovação de projetos

Para o processo de aprovação de projetos, frente aos requisitos estabelecidos na Norma de Acessibilidade, o fluxo de aprovação segue o mesmo procedimento explicitado anteriormente. Se o projeto não atender a ABNT NBR 9050 e as não conformidades forem apenas notadas na fase de verificação, todo o processo de aprovação deverá ser reiniciado, podendo trazer aumento de prazo de até 130 dias, quando se trata de obras mais complexas (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2019). Portanto, visando mitigar quaisquer atrasos nas obras, é de suma importância que esteja certificado que os projetos do empreendimento a ser construído atendam a todos os requisitos estabelecidos na Norma, pois a elevada latência deste processo possui um grande impacto no seu cronograma.

A verificação automática de regras ou *code checking* mostra seu valor, assegurando que parte dessas validações sejam feitas de forma rápida e assertiva, otimizando a velocidade das verificações que são realizadas por programas computacionais e retirando eventuais erros humanos causados pela verificação manual. Percebe-se também que uma vez que esta tecnologia consiga realizar grande parte das verificações de modo que seja adotada por ambas as partes (departamentos públicos e escritórios de arquitetura e engenharia), o prazo de entrega de um empreendimento poderá ser menos demorado.

Reforçando a questão de ganho de velocidade nas análises com a verificação automática de regras, a pesquisa de Andrade e Silva (2016), ilustrada na Figura 3, apresenta um comparativo entre o tempo gasto com a verificação manual e por meio de uma plataforma de verificação automática de regras, o Solibri Model Checker, onde se verificou um ganho de velocidade nas checagens dos requisitos da Norma de Bombeiros.

Figura 3 – Comparativo de Velocidade Para Análise de Projetos

REQUISITO	TEMPO GASTO							% de redução do tempo entre o método manual e automático		
	Verificação Método Manual			Verificação Método Computacional pelo SMC				Analista de projetos 1	Analista de projetos 2	Média dos analistas
	Analista de projetos 1	Analista de projetos 2	Média dos analistas	SMC exportar para IFC, abrir modelo, selecionar regra e rodar a regra	SMC preliminares	SMC principais	SMC Total			
1	6min 23s	1min 29s	3min 56s	39s	0s	1min 14s	1min 53s	-70,5%	27,0%	-52,1%
2	11min 24s	9min 54s	10min 39s	0s	0s	1min 6s	1min 6s	-90,4%	-88,9%	-89,7%
4	31min 34s	56min 54s	44min 14s	0s	12min 31s	3min 21s	15min 52s	-49,7%	-72,1%	-64,1%
7	6min 51s	1min 2s	3min 56s	0s	48s	1min 14s	2min 2s	-70,3%	96,8%	-48,5%
8	9min 46s	3min 52s	6min 49s	4min 32s	2min 41s	34s	7min 47s	-20,3%	101,3%	14,2%
9	2min 12s	45s	1min 29s	30s	23s	33s	1min 26s	-34,8%	91,1%	-3,4%
16	5min 40s	6min 23s	6min 3s	0s	17s	19s	36s	-89,4%	-90,6%	-90,1%
21	3min 13s	2min 35s	2min 54s	0s	0s	1min 30s	1min 30s	-53,4%	-41,9%	-48,3%
24	2min 28s	4min 10s	3min 19s	0s	0s	15s	15s	-75,0%	-85,2%	-81,4%
Total	1h 19min 31s	1h 27min 4s	1h 23min 19s	5min 41s	16min 40s	10min 6s	32min 27s	-58,7%	-62,3%	-60,6%

Fonte: Andrade e Silva (2016)

3.6 TRADUÇÃO DE REGRAS

Segundo Mainardi Neto (2016), a verificação automática de regras pode ser realizada através de duas metodologias. Uma é a partir da programação computacional, utilizando da linguagem de informática para criação e execução das regras. Outra é com a utilização de tabelas paramétricas, onde as regras respeitam as informações oriundas de parâmetros inseridos e suas relações dentro de uma interface gráfica, possibilitando uma maior cobertura de usuários por não exigir o conhecimento em programação, demandando apenas o raciocínio lógico do usuário para implementação das regras.

Eastman et al. (2009) afirmam que um dos maiores desafios para a implementação do *code checking* é a tradução das regras. Leis, referências normativas e instruções técnicas foram desenvolvidas sem considerar a possibilidade de automatização deste processo. Com isso, as condições explicitadas nesses documentos são muitas vezes interpretativas, apresentando questões subjetivas, limitando a atuação de robôs que trabalham com uma linguagem matemática e lógica. Portanto, os itens com maior exigência interpretativa ou que utilizam conceitos implícitos acabam enfrentando maiores dificuldades para sua automação, pois elas dependem do programador que configura as regras de verificação.

Frente a esta problemática, Mainardi Neto (2016) defende a revisão das referências emprega-

das para o processo de aprovação de projetos, visando uma maior objetividade em seus requisitos. Dessa forma, pode-se viabilizar a utilização de computadores para otimização deste processo.

3.6.1 Metodologia RASE

Rodrigues (2015) indica a metodologia RASE (*Requirements, Applicabilities, Selection, Exception*) como ferramenta para auxiliar na conversão da informação presente em legislações para uma linguagem informática. Ela preconiza a tradução das regras considerando a possibilidade de automação integral ou parcial de regulamentações, facilitando um mapeamento do seu conteúdo. Ela se baseia em quatro operadores lógicos:

1. Requisitos (*Requirements*): Este operador pode ser facilmente analisado na legislação, pois geralmente está associado às expressões que exigem uma conformidade para determinadas exigências, normalmente composta por imperativos como "devem" ou "necessitam".
2. Aplicações (*Applicabilities*): O segundo operador está relacionado às expressões de aplicação, restringindo aspectos ou condições em que determinada ação será empregada. Tomando como exemplo a frase "rampas com comprimento menor que três metros", o substantivo "rampas" é um termo vago, porém a expressão "com comprimento menor que três metros" explicita o contexto em que a rampa está inserida, para este caso.
3. Seleção (*Selection*): Este operador se diferencia do operador "*Applicabilities*" pela sua abrangência. Relaciona-se a expressões que contemplam uma maior cobertura de aplicação. Por exemplo, considerando a frase: "rampas com comprimento menores que três metros para usuários de cadeiras de rodas". Neste caso, a expressão "usuários de cadeira de rodas" é considerada uma seleção pois possui uma maior abrangência de aplicação.
4. Exceção (*Exception*): Por fim, este operador define casos excepcionais, geralmente composta de expressões como "a menos que" ou "exceto quando", estabelecendo casos particulares em um determinado contexto.

3.7 SOLIBRI MODEL CHECKER

Durante o desenvolvimento de uma obra, o trabalho é dividido entre várias equipes, cada uma especializada e focada em uma determinada disciplina. Como consequência, diversos aplicativos são empregados no processo, cada um desenvolvido de forma que melhor atendam às necessidades de cada equipe. Eastman et al. (2014) afirmam que este formato de trabalho especializado se mostra mais eficiente para evitar confusões e atrasos de uma obra, apesar de dificultar a interoperabilidade entre eles. Para que o projeto de um empreendimento seja desenvolvido de maneira colaborativa, o Solibri surgiu como uma plataforma com a capacidade de receber e centralizar essas informações, no intuito de realizar validações e otimizar processos.

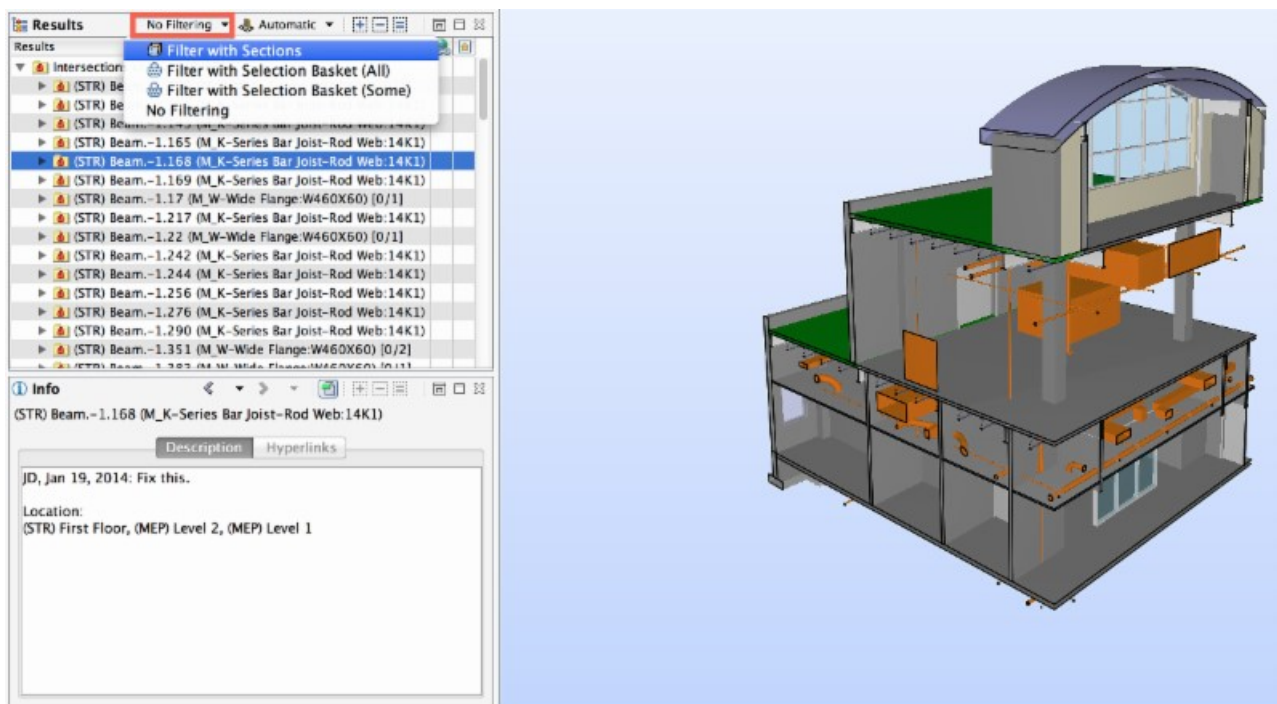
A ferramenta foi desenvolvida pela empresa finlandesa Solibri Inc., líder em tecnologias de checagem de modelos. Disponibilizam das versões gratuitas Solibri Anywhere e o Solibri Model Viewer, que permitem a visualização do modelo em três dimensões por meio da utilização do formato IFC, podendo servir como plataforma BIM sem custos para coordenação de projetos por exemplo, garantindo uma gestão mais eficiente da informação da construção (SOLIBRI, 1999).

Por sua vez, o Solibri Model Checker (SMC) é a versão que requer a compra de licenças para utilização, restringindo-a aos seus clientes. Em contrapartida, ele possui uma maior abrangência de funcionalidades que auxiliam na compatibilização de projetos por meio de uma biblioteca de regras de verificação para validações e instrumentos de visualização. Atualmente é uma das ferramentas mais utilizadas para este fim, permitindo que o usuário interaja com o modelo 3D, crie planos de corte e também filtros para uma visualização direcionada que auxiliam nas análises (MAKEBIM, 2017). Somado a isso, é possível executar regras de verificação para checagem automática de não-conformidades, gerar relatórios e realizar levantamento de quantitativos, melhorando a eficiência das análises necessárias para uma construção. Outro fator que explica seu amplo emprego na indústria da AEC é a sua interface amigável e intuitiva, não demandando grandes esforços ao usuário para implementar o uso da ferramenta na sua rotina de trabalho (EASTMAN et al., 2014). O SMC oferece diversas funcionalidades:

- **Ferramentas de visualização**

O SMC oferece diversas ferramentas que auxiliam na visualização, contribuindo de forma positiva nos processos de análise. A criação de planos de corte por exemplo, permite identificar e criar vistas que mais se adequam às diversas necessidades que surgem durante a verificação de projetos. A Figura 4 ilustra um modelo com diversos planos de corte, facilitando a visualização interna de uma edificação.

Figura 4 – Exemplo de vista com execução de planos de corte no SMC



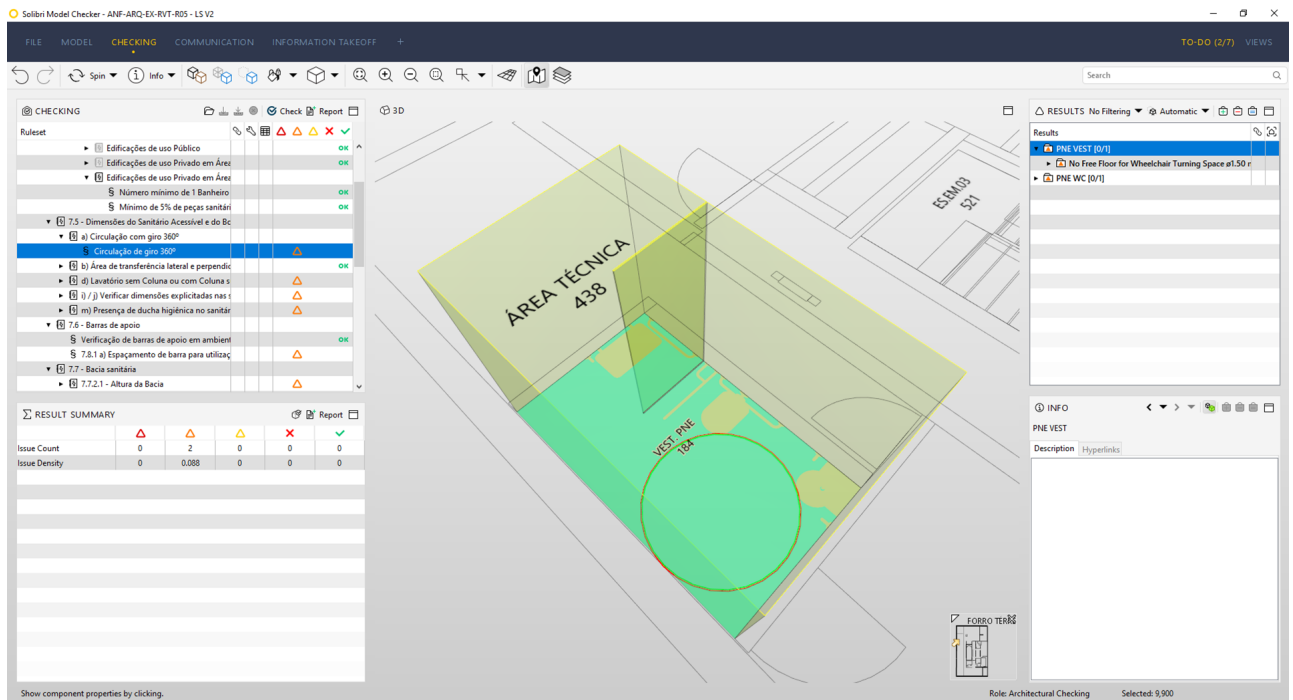
Fonte: SOLIBRI (2015)

Além disso, o Solibri Model Checker possui ferramentas para medir e desenhar cotas dentro de uma vista tridimensional e filtros de visualização baseados em regras, funcionalidades que são amplamente utilizadas em conjunto com a execução das regras de verificação da plataforma.

- **Visualizações automáticas de não conformidades**

Antes da elaboração do relatório final, um compilado de resultados são gerados automaticamente após a execução das regras de verificação configuradas. A plataforma SMC reúne um conjunto de não conformidades, com o qual o usuário pode interagir. Ao selecionar um item levantado pela verificação, a interface de visualização transmite uma vista do problema selecionado, indicando os elementos e espaços envolvidos, conforme ilustrado na Figura 5. Desta forma, o usuário pode de maneira rápida analisar estas não conformidades, facilitando a checagem do projeto.

Figura 5 – Interface do resultado gerado pela execução de uma *ruleset*



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

● Levantamento de quantitativos

O levantamento de quantitativos é fundamental para extrair dados relevantes para diversas fases da obra, como por exemplo para orçamentação. O *Solibri Model Checker* possui uma aba denominada *Information Takeoff*, ilustrada na Figura 6 que permite ao usuário inserir filtros e extrair quantitativos de diversos parâmetros e agrupamentos de forma rápida.

Figura 6 – Interface da aba *Information Takeoff*

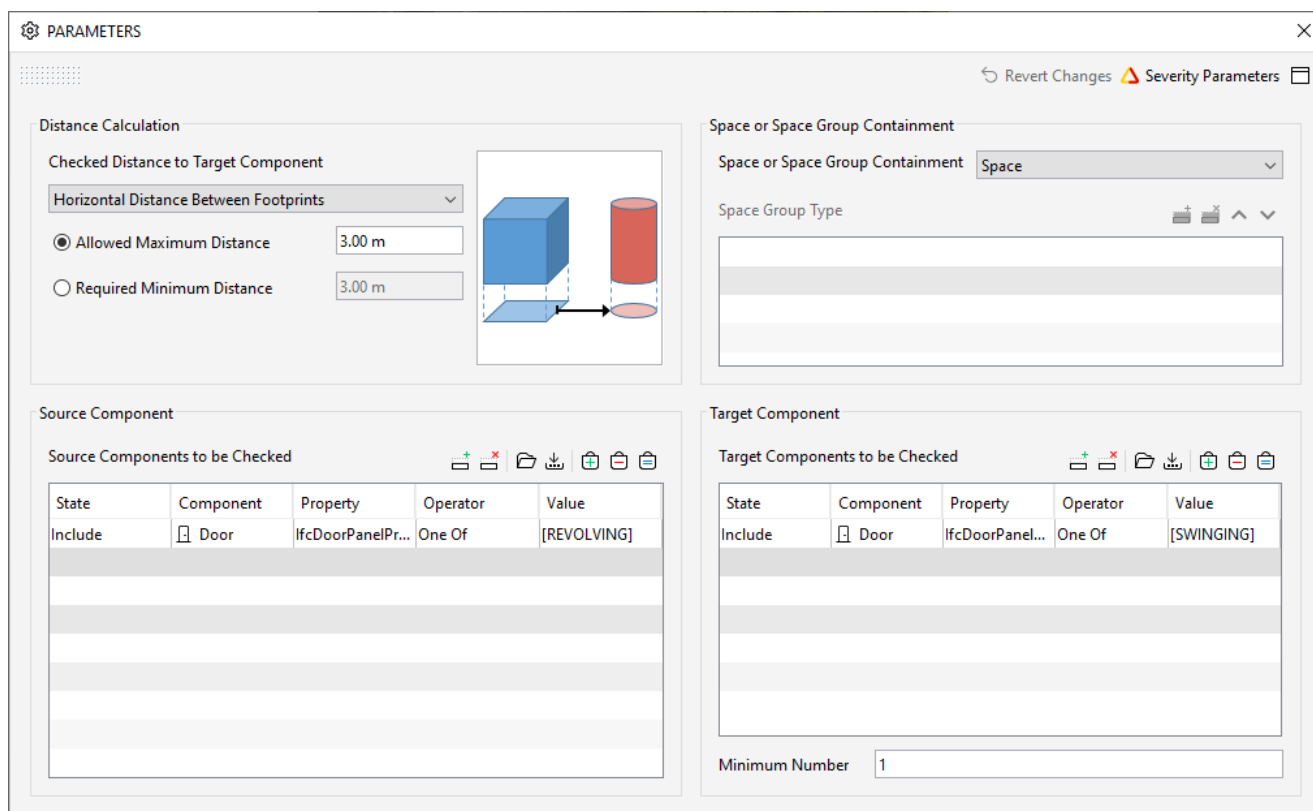
Information Takeoff										
Component	Type	Length	Width	Height	Area	Volume	Count	Model	Color	
Column	C-1 240 x ...	108.60 m				5.37 m3	31	(v1) SMC Building	Yellow	^
Column	C-1 240 x ...	112.65 m				5.49 m3	31	(v2) SMC Building - modified	Yellow	
Door	Door 17, D...		40.41 m	81.41 m	86.87 m2	5.74 m3	38	(v1) SMC Building	Cyan	
Door	Door 17, D...		41.01 m	83.55 m	88.16 m2	5.78 m3	39	(v2) SMC Building - modified	Cyan	
Railing	Railing Hori...			5.00 m		0.09 m3	5	(v1) SMC Building	Blue	
Railing	Railing Hori...			5.00 m		0.09 m3	5	(v2) SMC Building - modified	Blue	
Roof	RS-1 450, ...				212.19 m2	93.53 m3	3	(v1) SMC Building	Orange	
Roof	RS-1 450, ...				212.29 m2	93.01 m3	3	(v2) SMC Building - modified	Orange	
Sanitary Terminal	Basin 17, ...					0.16 m3	7	(v1) SMC Building	Pink	
Sanitary Terminal	Basin 17, ...					0.37 m3	7	(v2) SMC Building - modified	Pink	
Slab	FS-1 300, ...				503.85 m2	119.88 m3	5	(v1) SMC Building	Light Blue	
Slab	FS-1 300, ...				507.20 m2	120.55 m3	5	(v2) SMC Building - modified	Light Blue	
Space	0 GROSS A...			179.98 m	1,644.25 m2	4,816.13 m3	60	(v1) SMC Building	Light Green	
Space	0 GROSS A...			182.68 m	1,651.09 m2	4,827.43 m3	61	(v2) SMC Building - modified	Light Green	
Stair	U-shape Stair		0 mm	0 mm		9.93 m3	5	(v1) SMC Building	Orange	
Stair	U-shape Stair		0 mm	0 mm		9.93 m3	5	(v2) SMC Building - modified	Orange	
Suspended Ceiling	FS-3 30				156.73 m2	4.70 m3	12	(v2) SMC Building - modified	Purple	
Suspended Ceiling	FS-3 30				157.08 m2	4.71 m3	11	(v1) SMC Building	Purple	
Wall	EW-1 240, ...	498.47 m		320.58 m	1,121.68 m2	165.99 m3	114	(v1) SMC Building	Dark Red	
Wall	EW-1 240, ...	500.77 m		321.33 m	1,133.30 m2	167.32 m3	114	(v2) SMC Building - modified	Dark Red	
Window	Double Sas...		97.01 m	272.40 m	217.11 m2	5.74 m3	114	(v2) SMC Building - modified	Light Green	
Window	Double Sas...		98.21 m	274.55 m	219.69 m2	5.82 m3	115	(v1) SMC Building	Light Green	v

Fonte: Solibri (2019).

Para a verificação automática de regras, o programa utiliza de tabelas paramétricas, às quais o usuário pode incluir informações, possibilitando adaptações sem que este necessite possuir conhecimentos de linguagem em programação (EASTMAN et al., 2009). Desta forma, para inserção de uma regra de verificação, é necessário que se edite e combine um conjunto de *rulesets* (regras de checagem simples) disponibilizados no programa, para aplicação da regra de uma determinada referência normativa, a fim de reproduzir a checagem do modelo.

Poças Martins, Rangel e Abrantes (2016) afirmam que as novas regras de verificação devem ser derivadas de combinações de outras regras existentes dentro do programa e configurações dos parâmetros de regras individuais, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de *Ruleset* do SMC - Restrições de distâncias horizontais entre elementos



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Segundo Eastman et al. (2009), algumas limitações poderão ser verificadas, pois a plataforma SMC não cede acesso à interface de programação do aplicativo, impedindo a criação de regras não definidas na lista de *rulesets* da plataforma. O acesso à gestão de sua base de dados do *backend* (programação interna que contemplam as regras de execução) são restritos aos desenvolvedores da plataforma, limitando o usuário a utilizar somente as regras disponíveis e aguardar novas funcionalidades que acompanham as futuras atualizações do aplicativo. Com isso, observa-se que esta limitação engessa o levantamento de soluções para verificação de regras em determinados casos, sendo necessário realizar um mapeamento dessas regras para averiguar quais itens da norma poderão ser replicadas e executadas.

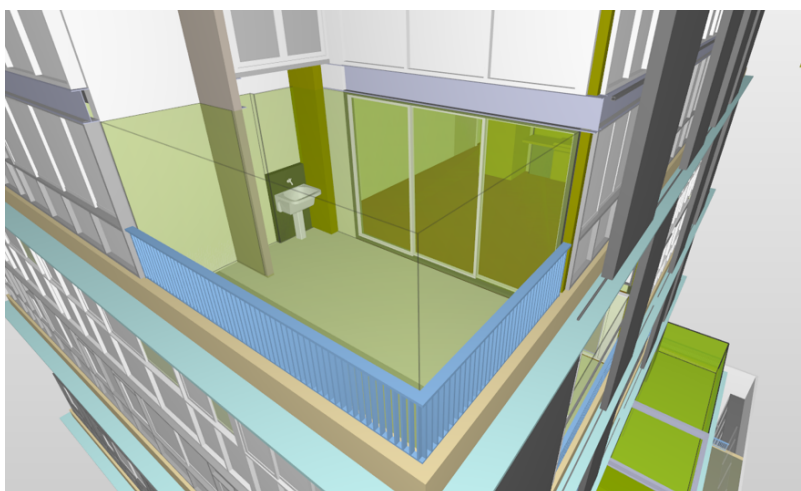
Para que o SMC execute a checagem, primeiramente as *rulesets* devem ser definidas com base na referência onde são explicitadas as condições em que serão analisadas. No intuito de se elencar e definir conjuntos das *rulesets*, consideram-se as classificações adotadas no modelo, visando as adaptações necessárias para sua correta execução. Para Eastman et al. (2014), as regras são definidas em um nível de implementação de acordo com o grupo, classe ou configuração em que se aplicam.

Além da classificação dos elementos que constituem a edificação, Eastman et al. (2014) afirmam que é necessário que se classifique os espaços de acordo com sua utilização. Tomando como exemplo a área mínima para permitir o giro de 360°, conforme a seção 4.3.4 da ABNT NBR 9050, para que o programa computacional realize a checagem se um banheiro para pessoa

com deficiência (PCD) possui as dimensões mínimas estabelecidas na norma, além de se verificar as medidas mínimas, é necessário que o espaço a ser verificado seja reconhecido pelo programa como banheiro PCD, caso contrário este pode retornar alertas por verificar ambientes que não se enquadram a esta regra. Desta forma, o relatório gerado pela verificação desta regra irá retornar todos os ambientes que não possuem tais dimensões mínimas, solicitando que o usuário realize uma segunda filtragem desses resultados, por vezes trabalhosa pelo fato de elencar um número muito grande de resultados a serem apurados, não explorando todo o seu potencial como ferramenta de verificação automática de regras.

Esse refinamento do modelo é denominado *Space Usage*, ilustrado na Figura 8, onde o espaço da varanda é definido através do espaço destacado em amarelo. Essas categorias são inseridas através da modelagem no *software* nativo, permitindo que sejam consultadas e editadas posteriormente com o SMC.

Figura 8 – Utilização do *Space Usage* no modelo



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

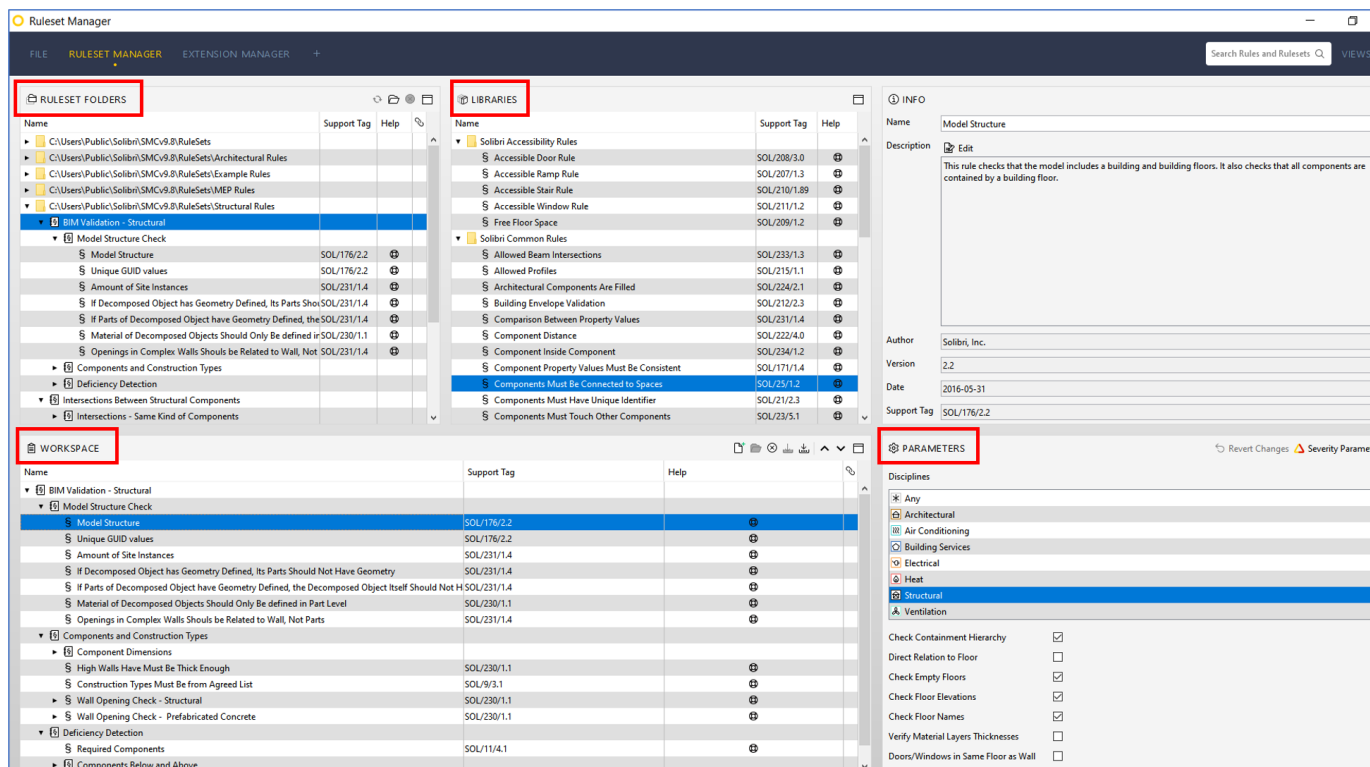
Tendo em vista o nível de implementação das regras de verificação, os resultados gerados se enquadrarão em três situações:

1. Condições satisfatórias: nesse caso, o resultado da checagem estará como "aprovado", pois todas as restrições definidas nas *rulesets* foram atendidas.
2. Condições não satisfatórias: as restrições definidas não foram atendidas, trazendo o resultado como "não aprovado", porém, por se tratar de uma regra que segue uma lógica matemática, houve uma completa implementação da regra, não necessitando de uma segunda avaliação por parte do usuário
3. Condições de alerta: se diferencia das não conformes, pois o nível de implementação da regra foi parcial, demandando uma análise manual por parte usuário por se tratar de questões interpretativas

3.7.1 Interface de checagem

A biblioteca de *rulesets* são um conjunto de *templates* de regras, aos quais o usuário pode inserir parâmetros para realizar a verificação de determinados requisitos. Além de possuir funcionalidades em que verificam relações entre objetos e espaços definidos no modelo, ela também possui um conjunto de regras de pré-checagem. Elas consistem em um conjunto de regras que contribuem na gestão da informação do modelo, assim como sua integridade, por meio da detecção de sobreposições de formas, de nomes e atributos convencionais e da existência de objetos. Elas estão dispostas conforme Figura 9. Os blocos superior esquerdo e central, representando a pastas das *rulesets* (*Ruleset folders*) e as bibliotecas (*Libraries*) respectivamente, são os ambientes em que as regras disponibilizadas pelo *software* estão armazenadas e podem ser consultadas. A partir delas, o bloco inferior esquerdo, denominado *Workspace* é o ambiente em que o usuário combina e configura estas regras para que validem os requisitos descritos de uma Norma. Seguindo para o bloco superior direito (*Info*) é a interface em que é explicitada a funcionalidade da *ruleset*, dado os parâmetros inseridos no bloco *Parameters*. Este último é a interface em que o usuário insere os parâmetros de entrada, que são geralmente valores limites e filtros para a execução de uma verificação de regra.

Figura 9 – Biblioteca disponibilizada no SMC



Fonte: SOLIBRI (2017)

Para configuração de regras de verificação do SMC, o Quadro 2, apresenta as *rulesets* disponíveis da plataforma e suas respectivas funcionalidades. A primeira coluna denominada

"Support Tag" é o código atribuído às regras de verificação do SMC para sua identificação e localização dentro da plataforma.

Quadro 2 – Rulesets disponíveis no SMC

Biblioteca de Rulesets disponíveis no SMC			
Support Tag	Nome	Nome traduzido	Descrição
SOL/1	General Intersection Rule	Regra Geral de Intersecções	Esta regra checka a intersecção entre componentes. O usuário pode configurar quais componentes a regra irá checkar e como isso será feito
SOL/11	Model Should Have Components	Componentes Necessários no Modelo	Esta regra checka se o modelo contém componentes de tipos selecionados. Também checka se os componentes possuem um tipo de construção.
SOL/111	Floor and Gross Area Analysis	Análise de Pavimento e Área Bruta	Esta regra checka e lista várias informações relacionadas aos andares. A regra requer tanto Compartimentos de Áreas Totais (definidos na Vista de Compartimentação), ou existência de um 'espaço de área total' em cada andar. O 'Espaço de área total' é um componente de espaço que representa a área total do andar e agrupa todos os outros espaços do andar.
SOL/132	Space Area	Áreas de Espaços	Esta regra checka se a área de espaços específicos está dentro de limites predefinidos
SOL/161	Distances Between Spaces	Distâncias Entre Espaços	Esta regra checka se as distancias entre espaços correspondem aos requisitos dados.
SOL/162	Spaces Must Be Included in Space Groups	Espaços Devem Estar Incluídos em Grupos de Espaços	Esta regra checka se todos os espaços do modelo estão incluídos em algum grupo de espaços.
SOL/17	Layer of Component Must Be from Agreed List	Layers dos Componentes Devem Ser de uma Lista Definida	Esta regra checka se os componentes estão atribuídos aos layers corretos.
SOL/171	Component Property Values Must Be Consistent	Medidas de Componentes Devem ser Consistentes	Esta regra checka se os componentes com o mesmo tipo construtivo em todo o modelo ou no mesmo andar possuem as mesmas dimensões
SOL/172	Fire Walls Must Have Correct Wall, Door, and Window Types	Paredes Corta-Fogo Devem Possuir Tipos Corretos de Paredes, Portas e Janelas	Esta regra checka se todas as paredes entre diferentes zonas de incêndio possuem o tipo correto e que as portas e janelas nestas paredes são resistentes às chamas. Também checka se os tipos de paredes, portas e janelas corta-fogo não são usadas em outras partes do projeto.
SOL/175	Space Group Containment	Conteúdo de Grupos de Espaços	Esta regra checka se todos os grupos de espaços possuem uma quantidade requerida de determinados tipos de espaços.
SOL/176	Model Structure	Estrutura do Modelo	Esta regra checka se o modelo inclui um edifício e andares com nomes únicos. Também checka se todos os componentes estão contidos em algum andar e se todos os andares possuem componentes. E finalmente também checka se todas as janelas e portas estão contidas em paredes.
SOL/179	Escape Route Analysis	Análise de Rota de Saída	Esta regra checka se é possível sair com segurança de um edifício em caso de incêndio ou outra emergência. O edifício deve possuir uma quantidade adequada de passagens para a saída que possuam capacidade suficiente, de maneira que o tempo de evacuação não seja perigosamente longo.
SOL/19	Spaces Must Have Enough Window Area	Os Espaços Devem Possuir Área Suficiente de Janelas	Esta regra checka se a taxa entre a área de janelas e a área do espaço está dentro dos limites determinados.
SOL/190	Fire Compartment Area Must Be within Limits	Área de Compartimento de Fogo Deve Estar Dentro de Limites	Esta regra checka se as áreas de compartimentos de fogo estão dentro de limites.
SOL/191	Spaces Must Be Included in Fire Compartments	Espaços Devem Ser Incluídos em Compartimentos de Fogo	Esta regra checka se todos os espaços do modelo estão incluídos em compartimentos de fogo.
SOL/202	Space Validation	Validação de Espaços	Esta regra checka se a geometria e localização dos espaços estão corretas. Checka se as bordas dos espaços estão próximas às paredes, colunas e outros objetos, e se os espaços estão tocando uma superfície de laje acima ou abaixo. Também checka a altura dos espaços e intersecções com outros componentes.
SOL/203	Required Property Sets	Propriedades Requeridas	Esta regra checka se o modelo contém os conjunto de propriedades e as propriedades requeridas. Também checka se as propriedades possuem (ou não) um valor e se este valor é aceitável.
SOL/206	Model Comparison	Comparação de Modelos	Esta regra compara dois modelos e apresenta as diferenças entre eles.
SOL/207	Accessible Ramp Rule	Regra de Acessibilidade de Rampas	Esta regra verifica a acessibilidade de rampas sob diferentes perspectivas. Ela verifica a inclinação, comprimento, largura, e os espaços livres no início e no fim das rampas. Ela também verifica as dimensões de patamares intermediários das rampas.

Quadro 2 – Rulesets disponíveis no SMC

(continuação)

Biblioteca de Rulesets disponíveis no SMC			
Support Tag	Nome	Nome traduzido	Descrição
SOL/208	Accessible Door Rule	Regra de Acessibilidade de Portas	Esta regra verifica a acessibilidade de portas sob diferentes perspectivas. Ela verifica as dimensões, proporção de vidro, direções de abertura e os espaços livres da porta. Para usar esta regra os espaços devem estar classificados por seu uso.
SOL/209	Free Floor Space	Espaço Livre de Circulação	Esta regra checa se os espaços possuem suficiente de circulação.
SOL/21	Components Must Have Unique Identifier	Componentes Devem Ter Identificador Único	Esta regra checa se todo componente possui um identificador único (em todo o modelo, no andar da edificação ou no mesmo grupo de espaço). Também checa se os identificadores estão corretos (quando necessário).
SOL/210	Accessible Stair Rule	Regra de Acessibilidade de Escadas	Esta regra verifica a acessibilidade de escadas sob diferentes perspectivas. Ela verifica o número de degraus, dimensões dos degraus, dimensões dos patamares intermediários, e espaços livres no início e final das escadas. Alturas de vão de passagem acima e abaixo da escada não são checadadas.
SOL/211	Accessible Window Rule	Regra de Acessibilidade de Janelas	Esta regra verifica a acessibilidade de janelas sob diferentes perspectivas. Atualmente ela verifica apenas a altura do peitoril. Para usar esta regra os espaços devem estar classificados por seu uso.
SOL/212	Building Envelope Validation	Validação do Envelope da Edificação	Esta regra checa se o envelope da edificação definido no modelo (ref. Propriedade de Envelope da Edificação na vista de info de paredes) é o mesmo que o envelope de contorno dos espaços de áreas totais e/ou espaços do modelo.
SOL/213	Shelf Running Metre Rule	Regra de Distância Corrida de Estantes	Esta regra checa a distância corrida das estantes. A regra também gera um relatório de todos os espaços de armazenagem com seus comprimentos.
SOL/215	Allowed Profiles	Perfis Permitidos	Esta regra checa se apenas os perfis listados de vigas e colunas estão sendo usados no modelo.
SOL/216	Wall Validation	Validação de Paredes	Esta regra checa a geometria e as medidas das paredes. A regra possui requisitos de medidas de distâncias de janelas, portas, aberturas, e bordas de paredes. Pode possuir também limitações para aceitar tipos de geometrias de paredes. A direção da geometria de extrusões também pode ser limitada.
SOL/218	Element Hole Validation Rule	Regra de Validação de Aberturas	Esta regra checa se as aberturas estão em localizações válidas.
SOL/220	Bottom to Bottom Distances	Distâncias Entre Faces Inferiores	Esta regra checa distâncias verticais entre componentes.
SOL/221	Wall Distance	Distância de Paredes	Esta regra checa se as distâncias entre paredes estão em uma faixa aceitável.
SOL/222	Component Distance	Distância entre Componentes	Esta regra checa a distância entre componentes.
SOL/223	Structural Components Fit in Architectural Ones	Componentes Estruturais Estão Dentro dos Arquitetônicos	Esta regra checa se os componentes do modelo estrutural se encaixam dentro dos componentes do modelo arquitetônico.
SOL/224	Architectural Components Are Filled	Componentes Arquitetônicos Estão Preenchidos	Esta regra checa se componentes arquitetônicos estão preenchidos por componentes estruturais.
SOL/225	Number of Components in Space	Número de Componentes no Espaço	Esta regra checa se existe uma quantidade requerida de componentes dentro dos espaços.
SOL/226	Free Area in Front of Components	Área Livre em Frente aos Componentes	Esta regra checa se não há componentes bloqueando outros componentes predefinidos.
SOL/228	Floor Names Must Be Consecutive	Nomes de Andares Devem ser Sequenciais	Esta regra checa se os nomes dos andares possuem numeração e são sequenciais.
SOL/23	Components Must Touch Other Components	Componentes Devem Tocar Outros Componentes	Esta regra checa se os componentes tocam as superfícies de outros componentes acima ou abaixo deles.
SOL/230	Property Rule Template with Component Filters	Gabarito Regra de Propriedades com Filtros de Componentes	Esta regra checa apenas os componentes que passam pelos filtros da tabela "Componentes a Checar". A tabela "Requisitos" lista os requisitos para os componentes. Ambas as tabelas podem conter pelo menos um filtro.
SOL/231	Comparison Between Property Values	Comparação Entre Valores de Propriedades	Esta regra é usada para comparar os valores de duas propriedades associadas a um determinado componente.
SOL/232	Manual Checking Rule	Regra de Checagem Manual	Esta regra cria ocorrências definidas nos parâmetros da regra. Esta regra pode ser usada se existirem casos que ainda não podem ser checados pelas regras existentes.

Quadro 2 – Rulesets disponíveis no SMC

(continuação)

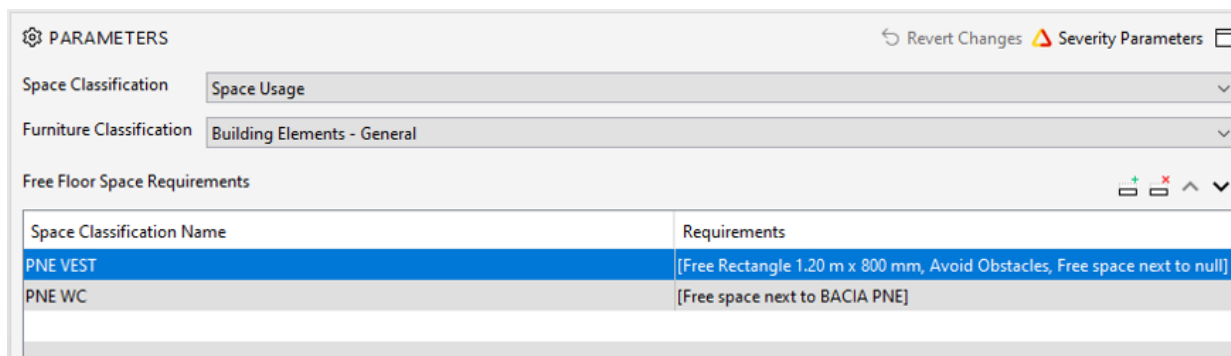
Biblioteca de Rulesets disponíveis no SMC			
Support Tag	Nome	Nome traduzido	Descrição
SOL/233	Allowed Beam Intersections	Intersecções Permitidas em Vigas	Esta regra checa intersecções de vigas com outros componentes que podem, podem, entretanto, atravessá-las em uma área definida. Componentes (tipicamente tubos e dutos) que atravessam a viga na área permitida não irão gerar nenhuma ocorrência.
SOL/234	Component Inside Component	Componentes Dentro de Componentes	Esta regra checa distâncias entre as faces de componentes que estejam um dentro do outro.
SOL/235	Relative Number	Número Relativo	Esta regra verifica quantidades relativas de componentes em um local específico
SOL/236	Horizontal Structures must be Guarded against Falling	Estruturas Horizontais devem estar protegidas contra queda	Esta regra verifica possibilidades de queda em componentes horizontais, como lajes. Além disso, serão checados se os componentes horizontais estão rodeados de componentes verticais, como paredes ou corrimão
SOL/25	Components Must be Connected to Spaces	Componentes Devem Estar Conectados a Espaços	Esta regra checa se componentes externos estão conectados a um espaço e componentes internos a dois espaços. Checa portas, janelas e aberturas.
SOL/36	Space Requirements	Requisitos de Espaços	Esta regra checa se o modelo contém uma quantidade determinada de espaços com um determinado tipo, nome ou número e área, por exemplo: 10 espaços de escritório com uma área de 10m ² +/- 5%.
SOL/37	Total Space Area on Each Floor	Área Total dos Espaços em Cada Andar	Esta regra checa se as áreas dos espaços em cada andar estão dentro dos limites fornecidos.
SOL/38	Space Count on Each Floor	Contagem de Espaços em Cada Andar	Esta regra checa se cada andar possui um número determinado de espaços de um certo tipo, ex.: se há 10 espaços de escritórios no piso térreo. Apenas os tipos definidos de espaços serão checados; espaços de tipos não listados são ignorados.
SOL/9	Property Values Must Be from Agreed List	Valores de Propriedades Devem Ser de Lista Selecionada	Esta regra checa se apenas os valores de propriedades pré-escolhidos estão em uso no modelo.

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

3.7.2 Classificação personalizada do SMC

Outra funcionalidade fundamental para a verificação de regras via SMC é a classificação de elementos e espaços do modelo, definidas no próprio *software*. Apesar de existir a possibilidade de se utilizar diretamente as propriedades e classificações importadas do modelo nativo, sem que seja necessário algum tipo de tratamento dos dados importados, o SMC contém *rulesets* que utilizam parâmetros que devem ser definidos dentro da própria plataforma, sendo necessário adicionar mais uma etapa de parametrização do modelo. Um exemplo deste caso é ilustrado na Figura 10, onde observa-se que um dos parâmetros utilizados para a verificação é o "*Space Classification*", definido na imagem como "*Space Usage*", uma lista de espaços que seguem uma classificação definida no próprio SMC.

Figura 10 – Caso de *Ruleset* que Solicita Utilização da Classificação do SMC



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

3.8 INICIATIVAS DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS

Tendo em vista os benefícios da verificação automática de regras, diversas iniciativas foram adotadas no âmbito de implementar esta ferramenta no processo de aprovação de projetos. Nesta seção serão apresentadas as principais iniciativas que envolveram o uso do IFC como formato que permite a interoperabilidade assim como SMC para verificação de regras.

3.8.1 *Construction and Real Estate Network (CORENET) – Singapura*

Segundo Eastman et al. (2014), foi uma das primeiras iniciativas para automação para verificação de códigos. É um plano de incrementação do uso de tecnologias da informação da indústria da AEC e reestruturação de processos do Ministério Nacional do Desenvolvimento de Singapura, focando-se em aumento de produtividade e qualidade dos serviços. Seu plano de verificação inclui código de incêndio, saúde ambiental, habitação residencial, pública, entre outros módulos de regras que auxiliam no controle da construção.

Os esforços para o desenvolvimento do sistema se iniciou em 1995, com o BP-expert, trabalhando com desenhos em duas dimensões. Khemlani (2005) afirma que esta primeira versão que focou sobre os projetos em 2D apresentou restrições de manuseio das informações inconsistentes, limitações na cobertura de códigos além de possuir problemas de desempenho desta plataforma impedindo seu sucesso. Entretanto, a mesma autora reforça que essas falhas contribuíram para o desenvolvimento do e-Plan Check, em 2000, dessa vez trabalhando com modelos em 3D.

Para Rodrigues (2015), esse sistema trouxe celeridade e assertividade para a verificação de regras frente ao processo manual, muitas vezes ineficiente e penoso, além de contribuir para novas avaliações das legislações e regulamentos vigentes, focando em eliminar ambiguidades, nelas existentes, e conflitos entre diversas especialidades envolvidas.

Segundo Mainardi Neto (2016) o sistema é composto por três plataformas voltadas para fase de projeto:

- e-Submission: infraestrutura de submissão de projetos no formato digital, substituindo as versões impressas
- e-Plan Check: sistema de análise automática projetos
- e-Info: base de dados de todos os projetos de Singapura

Para Khemlani (2018), o desenvolvimento do e-Plan Check se deu graças ao IFC, utilizando seu formato aberto que permite a interoperabilidade entre *softwares* autorais e a plataforma de verificação. Entretanto, a mesma autora alerta que a atuação isolada do IFC não é suficiente devido ao seu baixo nível semântico nos componentes, havendo apenas características limitadas e estáticas, restringindo à verificação automática de regras ou até tornando sua configuração em algo maçante, necessitando de adaptações constantes para cada modelo a ser verificado.

3.8.2 Statsbygg - Noruega

A *STATSBYGG* (2011) é uma instituição do governo da Noruega que atua na gestão das principais partes do setor imobiliário e das obras públicas. Ela conduz diversos projetos no intuito de contribuir para o desenvolvimento de projetos em BIM, utilizando o IFC e implementando gradualmente o seu uso ao longo do ciclo de vida de um empreendimento.

Inicialmente, os esforços foram direcionados ao projeto *ByggSok*, o qual se baseou no e-Plan Check da CORENET, compondo três plataformas voltadas a troca de informações entre as partes envolvidas de uma obra:

- *e-Information System*: sistema para publicação de informações que serão utilizadas para o desenvolvimento de projetos
- *e-Submission*: plataforma online de submissão de projetos
- *e-System for Zoning Proposals*: sistema de propostas de zoneamento

Essas plataformas foram utilizadas em projetos reais, com troca de dados por meio de diversos *softwares*, cada um adequado a um estágio ou tarefa específica da obra.

No piloto HITOS, os esforços para verificação automática de regras se direcionaram predominantemente ao processo de aprovação de projetos voltado para acessibilidade. Neste projeto, o modelo era analisado através do EDM Model Server, também utilizando o IFC, e a norma de acessibilidade foi traduzida, associada aos objetos e executada através do SMC. Eastman et al. (2014) afirmam que a Statsbygg mensurou uma potencial redução de 60% nas falhas ou inconsistências com a implementação do *code check*.

Lee et al. (2016) apontam que apesar da viabilidade verificada nos projetos de implementação da verificação automática de regras, o processo não foi profundamente esclarecido, tratando-se na implementação dos códigos e na tradução do regulamento.

3.8.3 Salvador Simplifica - Brasil

O Salvador 360 Simplifica é um conjunto de medidas, promovida pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Urbanismo de Salvador (Sedur) que tem como objetivo trazer a modernização e celeridade nos processos, agilizando análises e liberações de licenças, desburocratizando os processos de licenciamento. Uma dessas medidas é o Portal Simplifica, um sistema capaz de receber diversos documentos virtuais, facilitando diversos serviços de responsabilidade da prefeitura.

Segundo a Sedur (2019), o portal trabalhará com modelos BIM, melhorando a assertividade nas verificações, além de poder diminuir o tempo de espera para obtenção de licenças, anteriormente com um prazo de até 4 meses para pequenas construções, enquanto que com a plataforma, será de 48 horas, contando com funcionalidades de verificação automática.

4 METODOLOGIA

Segundo YIN (2005), um estudo de caso é definido como uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto temporal e social onde os limites entre este fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Dado este conceito, a investigação para a presente pesquisa se foca em avaliar o alcance de atuação de uma ferramenta de checagem automática, considerando o estágio atual de adoção do BIM praticado no mercado da construção civil, através do desenvolvimento e implementação desta ferramenta, analisando sua aplicação, impacto, limitações e ganhos aos envolvidos no processo de aprovação de projetos.

Para uma avaliação completa da automatização do processo verificação com plataforma SMC, seria necessário realizar validações de sua aplicação em diversos tipos de empreendimentos contendo todas as variações possíveis para aplicação dos requisitos, contudo essa abordagem tornaria a pesquisa impraticável.

Além disso, um estudo de caso se baseia de várias fontes de evidência e de um desenvolvimento prévio de proposições teóricas que conduzem à coleta de dados e análises. Foi abordada durante a revisão bibliográfica alguns casos de implementação do *code checking* e suas proposições serão abordadas ao longo deste capítulo.

Segundo YIN (2005) os componentes de um projeto de pesquisa para um estudo de caso são:

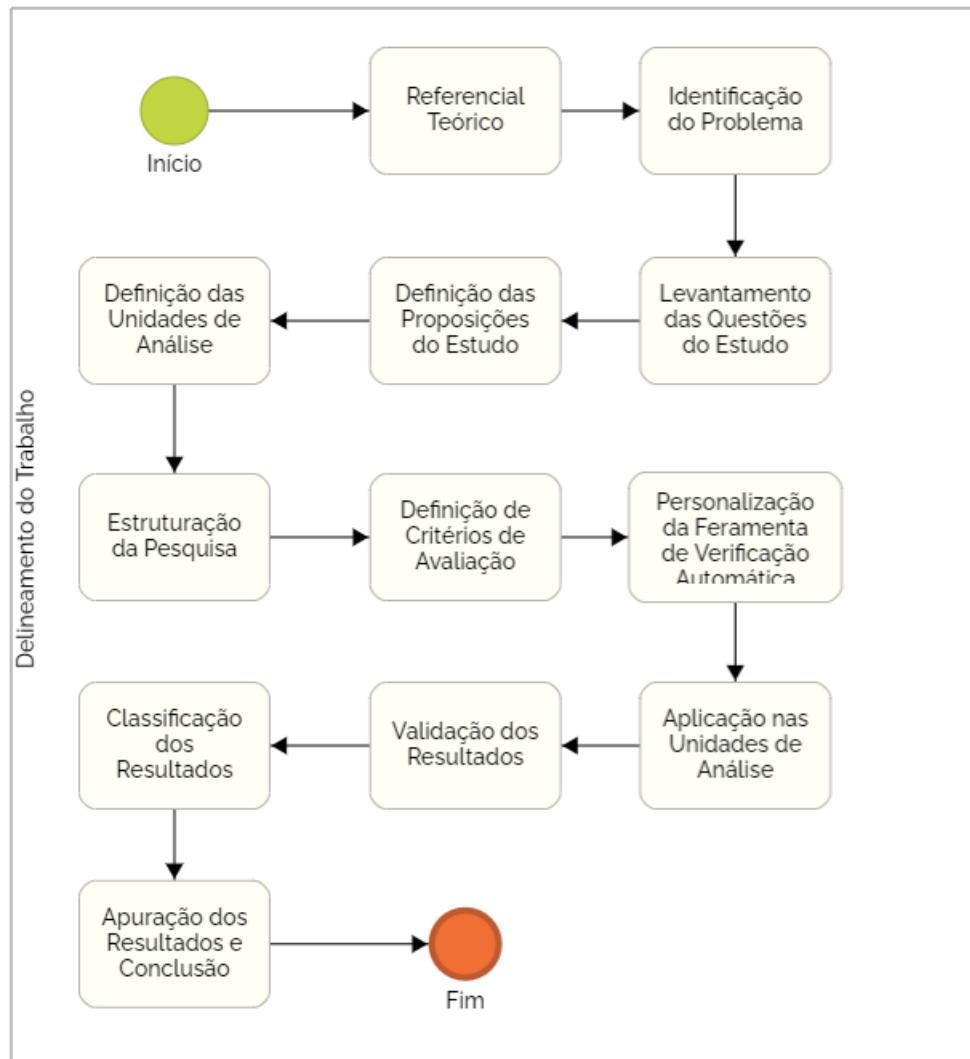
- Questões de um estudo;
- Proposições do estudo;
- Unidades de análise;
- Lógica que une os dados às proposições;
- Critérios para interpretação das descobertas.

Adaptando as etapas do Estudo de Caso proposto pelo mesmo autor para o contexto desta pesquisa, o delineamento deste trabalho seguiu o fluxograma ilustrado na Figura 11.

Como primeira etapa, a estruturação do referencial teórico foi realizado para que auxiliasse no entendimento, tanto da parte técnica quanto do cenário atual em que se encontra o BIM na construção civil, explicitados no capítulo 2 desta pesquisa.

Em seguida, a segunda etapa consistiu na identificação do problema, apresentados no capítulo 2 e 3, onde se alcança o entendimento de que a automação da verificação de projetos pode impactar positivamente nos processos de aprovação.

Figura 11 – Delineamento do Trabalho



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Para as etapas de levantamento das questões do estudo, definição das proposições, unidades de análise, estruturação da pesquisa e definição dos critérios quantitativos e qualitativos, foram todos explicitados nas seções a seguir.

O capítulo 4 contempla um levantamento quantitativo de itens categorizados, com o intuito de mensurar as limitações enfrentadas durante o processo de implementação do *code checking*. Concomitantemente, considerações e lições aprendidas acompanharão as análises.

Para a definição de escopo do estudo de caso, foram implementadas as regras contidas na seção 7 da Norma ABNT NBR 9050 (Quadro 3), onde foram traduzidas com base nas *rulesets* disponíveis do *software* empregado (Quadro 2).

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continua)

7 Sanitários, banheiros e vestiários
7.1 - Requisitos gerais
<p>Parâmetros</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantidades mínimas necessárias • Localização • Dimensões dos boxes • Posicionamento • Características das peças, acessórios, barras de apoio, comandos • Características de pisos e desnível • Áreas mínimas de circulação • Áreas mínimas de transferência • Áreas mínimas de aproximação, alcance manual, empunhadura e ângulo visual
7.2 - Tolerâncias dimensionais
Tolerância = ± 10 mm das dimensões identificados como máximo e mínimo
7.3 - Localização
<p>7.3.1 • Localizar-se em rotas acessíveis, próximas à circulação principal ou integradas às demais instalações sanitárias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar estar em locais isolados para situações de emergências ou auxílio • Sinalizados conforme seção 5 <p>7.3.2 - Recomenda-se que a distância máxima a ser percorrida de qualquer ponto da edificação até o sanitário ou banheiro acessível seja de até 50 m.</p>
7.4 - Quantificação e características
7.4.1 As instalações sanitárias acessíveis nas edificações e espaços de uso público e coletivo devem estar distribuídas nas proporções e especificidades construtivas estabelecidas nesta seção.
<p>7.4.2 • Os sanitários, banheiros e vestiários acessíveis devem possuir entrada independente</p> <ul style="list-style-type: none"> • De modo a possibilitar que a pessoa com deficiência possa utilizar a instalação sanitária acompanhada de uma pessoa do sexo oposto. <p style="padding-left: 20px;">7.4.2.1 - Recomenda-se, para locais de prática esportiva, terapêutica e demais usos (10.11 e 10.12), que os vestiários acessíveis excedentes sejam instalados nos banheiros coletivos, ou seja, que as peças acessíveis, como chuveiros, bacias sanitárias, lavatórios e bancos, estejam integrados aos demais.</p> <p style="padding-left: 20px;">7.4.2.2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Devem ser instalados dispositivos de sinalização de emergência em sanitários, banheiros e vestiários acessíveis • Atendendo ao disposto em 5.6.4.1.
<p>7.4.3 - O número mínimo de sanitários acessíveis está definido em 7.4.3.1 a 7.4.3.3 e as regras abaixo:</p> <p>Público</p> <p>a) A ser construída: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um, para cada sexo em cada pavimento, onde houver sanitários</p> <p>b) Existente: Um por pavimento, onde houver ou onde a legislação obrigar a ter sanitários</p> <p>Coletivo</p> <p>a) A ser construída: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um em cada pavimento acessível, onde houver sanitário</p> <p>b) A ser ampliada ou reformada: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um em cada pavimento acessível, onde houver sanitário</p> <p>c) Existente: uma instalação sanitária, onde houver sanitários</p> <p>Privado - áreas de uso comum</p> <p>a) A ser construída: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um, onde houver sanitários</p> <p>b) A ser ampliada ou reformada: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um por bloco</p> <p>c) Existente: um no mínimo</p>

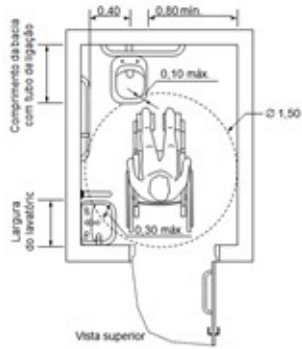
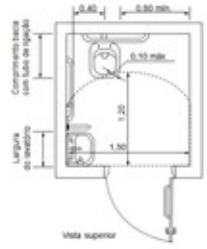
Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

<p>7.4.3.1 - Para espaços de uso público ou uso coletivo com unidades autônomas de comércio ou serviços, deve ser previsto</p> <ul style="list-style-type: none"> • mínimo um sanitário por pavimento, localizadas em áreas de uso comum • O excedente dos 5% do total de sanitários deverão ser divididos por sexo em cada pavimento
<p>7.4.3.2 - Para <i>shoppings</i> terminais de transporte, clubes esportivos, arenas verdes (ou estádio), locais de <i>shows</i> e eventos ou em outros edifícios da sua especificidade ou natureza, concentrem um grande número de pessoas, independentemente de atender à quantidade de 5% de peças sanitárias acessíveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prever um sanitário acessível para cada sexo junto a cada conjunto de sanitários
<p>7.4.3.3 - Em edificações de uso coletivo a serem ampliadas ou reformadas, com até dois pavimentos e área construída de no máximo 150 m² por pavimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalações sanitárias podem estar localizadas em um único pavimento
<p>7.4.4 - Recomenda-se que nos conjuntos de sanitários seja instalada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma bacia infantil para uso de pessoas com baixa estatura e de crianças
<p>7.4.5 - Banheiros e vestiários devem ter</p> <ul style="list-style-type: none"> • No mínimo 5% do total de cada peça instalada acessível • Mínimo uma de cada <p>Caso houver divisão por sexo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peças sanitárias devem ser consideradas separadamente para efeito de cálculo
<p>7.4.6 - Respeitar o número mínimo de peças explicitada no item 7.4.3</p>
<p>7.5 - Dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível</p>
<p>a) Circulação com giro de 360°</p>
<p>b) Área necessária que garanta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transferência lateral para a bacia • Transferência perpendicular para a bacia • Transferência diagonal para a bacia
<p>c) Área de manobra pode utilizar no máximo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0,10 m sob a bacia sanitária • 0,30 m sob o lavatório
<p>d) Deve ser instalado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lavatório sem coluna ou com coluna suspensa ou lavatório sobre o tampo dentro do sanitário ou boxe acessível, em local que não interfira na área de transferência para a bacia sanitária, permitindo que a área de aproximação seja sobreposta à área de manobra
<p>e) Dimensões exigidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura livre frontal na superfície inferior, garantindo pelo menos 0,3 m de altura livre • Altura da superfície superior do lavatório deve estar entre o intervalo de 0,78 m a 0,80 m • Exceto lavatório infantil
<p>f) Para portas de eixo vertical:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abrir para o lado externo do sanitário ou boxe • Possuir um puxador horizontal no lado interno do ambiente, medindo no mínimo 0,40 m de comprimento, afastamento de no máximo 40 mm e diâmetro entre 25 mm e 35mm
<p>g) Em caso de instalação de portas de correr, deve-se atender às condições previstas na seção 6.11.2.4 e 6.11.2.11</p>
<p>h) Para travamento de portas, seguir para seção 4.6.8</p>
<p>i) Em caso de instalação de boxe em locais de prática de esportes, as portas devem atender a um vão livre de no mínimo 1,00 m</p>
<p>j) Seguir diretrizes da seção 6.11.2.2 e 6.11.2.3</p>

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

k) Garantir alcance manual para acionamento da válvula sanitários da torneira, das barras, puxadores e trincos e manuseio e uso dos acessórios, conforme seção 4.6 e 7.6
l) Alcance visual do espelho conforme 7.11.1
m) Recomenda-se <ul style="list-style-type: none"> • A instalação de ducha higiênica ao lado da bacia, dentro do alcance manual de uma pessoa sentada na bacia sanitária, dotada de registro de pressão para regulagem da vazão
n) Medidas mínimas de um sanitário acessível: 
o) Em caso de haver mais de um sanitário acessível, recomenda-se que: <ul style="list-style-type: none"> • As bacias sanitárias, áreas de transferência e barras de apoio sejam posicionadas simetricamente opostas, contemplando todas as formas de transferência para a bacia
p) Em caso de edificações existentes ou em reforma, quando não for possível atender às medidas mínimas do sanitário do item n, serão admitidas medidas mínimas: 
Os pisos dos sanitários ou boxes sanitários devem observar as seguintes características:
a) Set antiderrapante
b) Não ter desníveis junto à entrada ou soleira
c) Ter grelhas e ralos posicionados fora das áreas de manobra e de transferência
7.6 - Barras de apoio
Seguir especificações da seção 7.7.2.2
7.6.1 - Todas as barras de apoio utilizadas em sanitários e vestiários devem resistir a um esforço mínimo de 150 kg no sentido de utilização da barra, sem apresentar deformações permanentes ou fissuras, ter empunhadura conforme Seção 4 e estar firmemente fixadas a uma distância mínima de 40 mm entre sua base de suporte (parede, painel, entre outros), até a face interna da barra. Suas extremidades devem estar fixadas nas paredes ou ter desenvolvimento contínuo até o ponto de fixação com formato recurvado. Quando necessários, os suportes intermediários de fixação devem estar sob a área de empunhadura, garantindo a continuidade de deslocamento das mãos. O comprimento e a altura de fixação são determinados em função de sua utilização, conforme exemplos apresentados em 7.7.2.3 e 7.7.2.4.
7.6.2 - Quando executadas em material metálico, as barras de apoio e seus elementos de fixação e instalação devem ser confeccionadas em material resistente à corrosão, conforme ABNT NBR 10283, e determinação da aderência do acabamento conforme ABNT NBR 11003.

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

7.6.3 - As dimensões mínimas das barras devem respeitar as aplicações definidas nesta Norma com seção transversal entre 30 mm e 45 mm, detalhadas no Anexo C. O comprimento e o modelo variam de acordo com as peças sanitárias às quais estão associados e são tratados na Seção 7.
7.6.4 - As barras podem ser fixas (nos formatos reta, em “U”, em “L”) ou articuladas, conforme detalhado no Anexo C da ABNT NBR 9050 As barras em “L” podem ser em uma única peça ou composta a partir do posicionamento de duas barras retas, desde que atendam ao dimensionamento mínimo dos trechos verticais e horizontais As barras articuladas devem possuir dispositivo que evite quedas repentinas ou movimentos abruptos.
7.7 - Bacia sanitária
7.7.1 - Áreas de transferência lateral, perpendicular e diagonal
7.7.2 - Instalação de bacias convencionais, com caixas acopladas ou suspensas e barras de apoio devem atender a ABNT NBR 15097-1 e ABNT NBR 15097-2.
7.7.2.1 - Altura da bacia <ul style="list-style-type: none"> ▪ Não podem ter abertura frontal ▪ Altura entre 0,43 m e 0,45 m do piso acabado, medidas a partir da borda superior sem o assento. ▪ Com o assento, esta altura deve ser de no máximo 0,46 m para bacias de adulto ▪ Com assento, a altura da borda superior deve estar a 0,36 m de altura para bacias infantis
7.7.2.2. Barras de apoio na bacia sanitária
7.7.2.2.1 - Junto à bacia sanitária, quando houver parede lateral, devem ser instaladas barras para apoio e transferência. Uma barra reta horizontal com comprimento mínimo de 0,80 m, posicionada horizontalmente, a 0,75 m de altura do piso acabado (medidos pelos eixos de fixação) a uma distância de 0,40 m entre o eixo da bacia e a face da barra e deve estar posicionada a uma distância de 0,50 m da borda frontal da bacia. Também deve ser instalada uma barra reta com comprimento mínimo de 0,70 m, posicionada verticalmente, a 0,10 m acima da barra horizontal e 0,30 m da borda frontal da bacia sanitária
7.7.2.2.2 - Junto à bacia sanitária, na parede do fundo, deve ser instalada uma barra reta com comprimento mínimo de 0,80 m, posicionada horizontalmente, a 0,75 m de altura do piso acabado (medido pelos eixos de fixação), com uma distância máxima de 0,11 m da sua face externa à parede e estendendo-se 0,30 m além do eixo da bacia em direção à parede lateral
7.7.2.2.3 - Para bacias sanitárias com caixa acoplada, que possuam altura que não permita a instalação da barra descrita em 7.7.2.2.2, esta pode ser instalada a uma altura de até 0,89 m do piso acabado (medido pelos eixos de fixação), devendo ter uma distância máxima de 0,11 m da sua face externa à parede, distância mínima de 0,04 m da superfície superior da tampa da caixa acoplada e 0,30 m além do eixo da bacia em direção à parede lateral. A barra reta na parede do fundo pode ser substituída por uma barra lateral articulada, desde que a extremidade da barra esteja a no mínimo 0,10 m da borda frontal da bacia
7.7.2.2.4 - Na impossibilidade de instalação de barras nas paredes laterais, são admitidas barras laterais fixas (com fixação na parede de fundo) ou articuladas (dar preferência pela barra lateral fixa), desde que sejam observados os parâmetros de segurança e dimensionamento estabelecidos conforme 7.6, e que estas e seus apoios não interfiram na área de giro e transferência. A distância entre esta barra e o eixo da bacia deve ser de 0,40 m, sendo que sua extremidade deve estar a uma distância mínima de 0,20 m da borda frontal da bacia
7.7.2.2.5 - As bacias infantis devem seguir as mesmas disposições de barras e dimensões constantes

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

7.7.2.3 Bacias sanitárias com parede lateral
7.7.2.3.1 - Bacia convencional com barras de apoio ao fundo e a 90° na parede lateral
7.7.2.3.2 - Bacia suspensa com barras de apoio ao fundo e a 90° na parede lateral
7.7.2.3.3 - Bacia com caixa acoplada com barras de apoio ao fundo e a 90° na parede lateral
7.7.2.4 - Bacias sanitárias sem parede lateral
7.7.2.4.1 - Bacia convencional ou suspensa com barra de apoio reta e barra lateral fixa
7.7.2.4.2 - Bacia com caixa acoplada com barras de apoio reta e lateral fixa
7.7.2.4.3 - Bacia com caixa acoplada com barras lateral articulada e fixa
7.7.3 - Acionamento da válvula de descarga
7.7.3.1 - Válvula de parede O acionamento da válvula de descarga deve estar a uma altura máxima de 1,00 m e ser preferencialmente acionado por sensores eletrônicos ou dispositivos equivalentes. A força de acionamento deve ser inferior a 23 N. Admite-se outra localização para o acionamento com alcance manual, conforme Seção 4. Na impossibilidade de uso de válvula de descarga, recomenda-se que seja colocada caixa de descarga
7.7.3.2 - Mecanismo de acionamento de descarga em caixa acoplada O mecanismo de acionamento de descarga em caixa acoplada deve estar localizado dentro do alcance manual de pessoas em cadeira de rodas O mecanismo de acionamento de descarga em caixa acoplada pode ser por alavanca, sensores eletrônicos ou dispositivos equivalentes
7.8 - Instalação de lavatório e barras de apoio
Os lavatórios, suas fixações e ancoragens devem atender no mínimo aos esforços previstos nas ABNT NBR 15097-1 e ABNT NBR 15097-2. Sua instalação deve possibilitar a área de aproximação de uma pessoa em cadeira de rodas, quando se tratar do sanitário acessível, e garantir a aproximação frontal de uma pessoa em pé, quando se tratar de um sanitário qualquer
7.8.1 - As barras de apoio dos lavatórios podem ser horizontais e verticais. Quando instaladas, devem ter uma barra de cada lado e garantir as seguintes condições: a) Ter um espaçamento entre a barra e a parede ou de qualquer outro objeto de no mínimo 0,04 m, para ser utilizada com conforto b) Ser instaladas até no máximo 0,20 m, medido da borda frontal do lavatório até o eixo da barra para permitir o alcance c) Garantir o alcance manual da torneira de no máximo 0,50 m, medido da borda frontal do lavatório até o eixo da torneira d) As barras horizontais devem ser instaladas a uma altura 0,78 m a 0,80 m, medido a partir do piso acabado até a face superior da barra, acompanhando a altura do lavatório e) As barras verticais devem ser instaladas a uma altura de 0,90 m do piso e com comprimento mínimo de 0,40 m, garantindo a condição da alínea a) f) Ter uma distância máxima de 0,50 m do eixo do lavatório ou cuba até o eixo da barra vertical instalada na parede lateral ou na parede de fundo para garantir o alcance
7.8.2 - Os lavatórios devem ser equipados com torneiras acionadas por alavancas, com esforço máximo de 23 N, torneiras com sensores eletrônicos ou dispositivos equivalentes. Quando utilizada torneira com ciclo automático, recomenda-se com o tempo de fechamento de 10 s a 20 s, atendendo a todos os requisitos da ABNT NBR 13713. Quando houver água quente, é obrigatório garantir solução que evite o contato do usuário com o sifão ou a tubulação. É recomendado o uso de válvula termostática alimentando a torneira. Opcionalmente, a válvula termostática pode ser substituída por misturadores monocomando ou duplo comando, ou aparelho único que integre as funções de misturador e torneira automática, desde que dotados de alavanca

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

7.9 - Sanitários e banheiros com trocador para criança e adulto – Sanitário familiar
Em edifícios de uso público ou coletivo, dependendo da sua especificidade ou natureza do seu uso, recomenda-se ter sanitários ou banheiros familiar com entrada independente, providos de boxes com bacias sanitárias para adulto (7.7.2.1) e outro com bacia infantil, além de boxe com superfície para troca de roupas na posição deitada, com dimensões mínimas de 0,70 m de largura por 1,80 m de comprimento e 0,46 m de altura, devendo suportar no mínimo 150 kg, e providos de barras de apoio, conforme 7.14.1.
7.10 - Sanitário coletivo
O sanitário coletivo é de uso de pessoas com mobilidade reduzida e para qualquer pessoa. Para tanto, os boxes devem atender às condições do boxe comum (7.10.1), sendo um deles com a instalação de bacia infantil para uso de pessoas com baixa estatura e crianças. Recomenda-se a instalação de um boxe com barras de apoio (7.10.2) para uso de pessoas com mobilidade reduzida
O sanitário coletivo pode ter um boxe acessível, conforme seção 7.4.3, para uso preferencial de pessoas em cadeira de rodas, além do com entrada independente. Para tanto, deve garantir área de circulação, manobra e aproximação para o uso das peças sanitárias, conforme Seção 4
7.10.1 - Boxes comuns
Nos boxes comuns, as portas devem ter vão livre mínimo de 0,80 m e conter uma área livre com no mínimo 0,60 m de diâmetro. Nas edificações existentes, admite-se porta com vão livre de no mínimo 0,60 m. Recomenda-se que as portas abram para fora, para facilitar o socorro à pessoa, se necessário.
7.10.2 - Boxes com barras de apoio
Nos sanitários e vestiários de uso coletivo, recomenda-se pelo menos um boxe com barras de apoio em forma de "L", de 0,70 m por 0,70 m, ou duas barras retas de 0,70 m no mínimo e com o mesmo posicionamento, para uso de pessoas com redução de mobilidade, flexibilidade, coordenação motora e percepção. Este boxe com barra de apoio não substitui o boxe sanitário acessível disposto em 7.5
7.10.3 - Lavatórios em sanitários coletivos
Os stampos para lavatórios devem garantir no mínimo uma cuba com superfície superior entre 0,78 m e 0,80 m, e livre inferior de 0,73 m. Deve ser dotado de barras posicionadas conforme 7.8.1. Quando se tratar de bancada com vários lavatórios, as barras de apoio devem estar posicionadas nas extremidades do conjunto, podendo ser em apenas uma das extremidades
7.10.4 - Mictório
Quando houver pelo menos um mictório em cada sanitário, ele deve atender ao disposto em 7.10.4.1 a 7.10.4.3
7.10.4.1 - Deve ser prevista área de aproximação frontal para P.M.R.
7.10.4.2 - Deve ser equipado com válvula de mictório instalada a uma altura de até 1,00 m do piso acabado, preferencialmente por sensor eletrônico ou dispositivos equivalentes ou de fechamento automático, com esforço máximo de 23 N e atendendo a todos os requisitos da ABNT NBR 13713. Quando utilizado o sensor de presença fica dispensada a restrição de altura de instalação
7.10.4.3 - Deve ser dotado de barras de apoio seguindo disposições da imagem
7.10.4.4 - Recomenda-se que os mictórios para P.M.R. e P.C.R. sejam instalados o mais próximo possível da entrada dos sanitários

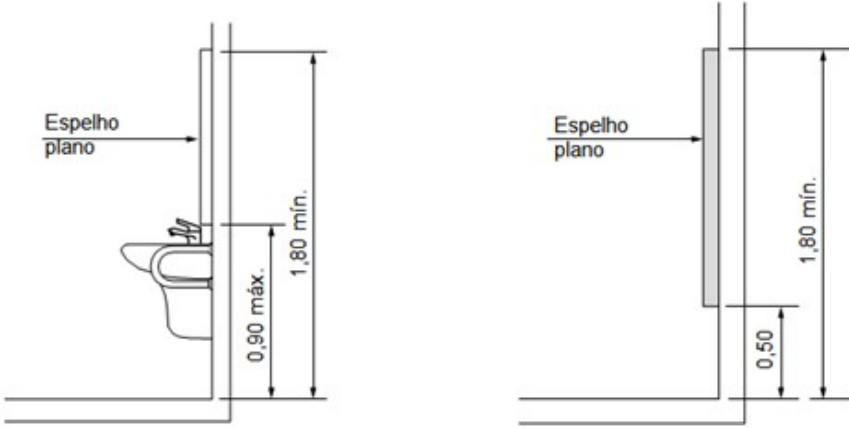

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

7.10 - Sanitário coletivo	
O sanitário coletivo é de uso de pessoas com mobilidade reduzida e para qualquer pessoa. Para tanto, os boxes devem atender às condições do boxe comum (7.10.1), sendo um deles com a instalação de bacia infantil para uso de pessoas com baixa estatura e crianças. Recomenda-se a instalação de um boxe com barras de apoio (7.10.2) para uso de pessoas com mobilidade reduzida	
O sanitário coletivo pode ter um boxe acessível, conforme seção 7.4.3, para uso preferencial de pessoas em cadeira de rodas, além do com entrada independente. Para tanto, deve garantir área de circulação, manobra e aproximação para o uso das peças sanitárias, conforme Seção 4	
7.10.1 - Boxes comuns Nos boxes comuns, as portas devem ter vão livre mínimo de 0,80 m e conter uma área livre com no mínimo 0,60 m de diâmetro. Nas edificações existentes, admite-se porta com vão livre de no mínimo 0,60 m. Recomenda-se que as portas abram para fora, para facilitar o socorro à pessoa, se necessário.	
7.10.2 - Boxes com barras de apoio Nos sanitários e vestiários de uso coletivo, recomenda-se pelo menos um boxe com barras de apoio em forma de "L", de 0,70 m por 0,70 m, ou duas barras retas de 0,70 m no mínimo e com o mesmo posicionamento, para uso de pessoas com redução de mobilidade, flexibilidade, coordenação motora e percepção. Este boxe com barra de apoio não substitui o boxe sanitário acessível disposto em 7.5	
7.10.3 - Lavatórios em sanitários coletivos Os tampos para lavatórios devem garantir no mínimo uma cuba com superfície superior entre 0,78 m e 0,80 m, e livre inferior de 0,73 m. Deve ser dotado de barras posicionadas conforme 7.8.1. Quando se tratar de bancada com vários lavatórios, as barras de apoio devem estar posicionadas nas extremidades do conjunto, podendo ser em apenas uma das extremidades	
7.10.4 - Mictório Quando houver pelo menos um mictório em cada sanitário, ele deve atender ao disposto em 7.10.4.1 a 7.10.4.3	
7.10.4.1 - Deve ser prevista área de aproximação frontal para P.M.R.	
7.10.4.2 - Deve ser equipado com válvula de mictório instalada a uma altura de até 1,00 m do piso acabado, preferencialmente por sensor eletrônico ou dispositivos equivalentes ou de fechamento automático, com esforço máximo de 23 N e atendendo a todos os requisitos da ABNT NBR 13713. Quando utilizado o sensor de presença fica dispensada a restrição de altura de instalação	
7.10.4.3 - Deve ser dotado de barras de apoio seguindo disposições da imagem	
7.10.4.4 - Recomenda-se que os mictórios para P.M.R. e P.C.R. sejam instalados o mais próximo possível da entrada dos sanitários	

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

7.11 - Acessórios para sanitários acessíveis e coletivos
<p>Os acessórios para sanitários, como porta-objeto, cabides, saboneteiras e toalheiros, devem ter sua área de utilização dentro da faixa de alcance acessível estabelecida na Seção 4</p>
<p>7.11.1 - Espelhos A altura de instalação e fixação de espelho deve atender à imagem. Os espelhos podem ser instalados em paredes sem pias. Podem ter dimensões maiores, sendo recomendável que sejam instalados entre 0,50 m até 1,80 m em relação ao piso acabado</p>  <p>The diagrams illustrate the required height ranges for wall-mounted mirrors. The left diagram shows a mirror positioned above a sink, with a maximum height of 0,90 m and a minimum height of 1,80 m. The right diagram shows a mirror with a minimum height of 0,50 m and a maximum height of 1,80 m. Both diagrams are labeled 'Espelho plano'.</p>
<p>7.11.2 - Papeleiras As papeleiras embutidas devem atender à imagem. No caso de papeleiras de sobrepor que por suas dimensões devem ser alinhadas com a borda frontal da bacia, o acesso ao papel deve ser livre e de fácil alcance. Não podem ser instaladas abaixo de 1,00 m de altura do piso acabado, para não atrapalhar o acesso à barra. Nos casos de bacias sanitárias sem parede ao lado, demonstrados em 7.7.2.4, a barra de apoio deve ter um dispositivo para colocar o papel higiênico.</p>  <p>The diagrams show three different configurations for toilet paper dispensers. The first diagram shows a dispenser with a height of 0,55 m and a distance of 0,20 m from the toilet. The second and third diagrams show dispensers with a height of 1,00 m. All diagrams are labeled 'Dimensões em metros'.</p>
<p>7.11.3 - Cabide Deve ser instalado cabide junto a lavatórios, boxes de chuveiro, bancos de vestiários, trocadores e boxes de bacia sanitária, a uma altura entre 0,80 m a 1,20 m do piso acabado.</p>
<p>7.11.4 Porta-objetos Deve ser instalado um porta-objetos junto ao lavatório, ao mictório e à bacia sanitária, a uma altura entre 0,80 m e 1,20 m, com profundidade máxima de 0,25 m, em local que não interfira nas áreas de transferência e manobra e na utilização das barras de apoio.</p>

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

7.11.4.1 - Recomenda-se que o porta-objetos não seja instalado atrás de portas.
7.11.4.2 - O porta-objeto não pode ter cantos agudos e superfícies cortantes ou abrasivas.
7.11.5 - Puxador horizontal As portas de sanitários e vestiários, conforme especificado em 6.11.2.7, devem ter, no lado oposto ao da abertura da porta, puxador horizontal associado à maçaneta.
7.12 - Banheiros acessíveis e vestiários com banheiro conjugados
7.12.1 - Boxe para chuveiro e ducha Banheiros acessíveis e vestiários com banheiros conjugados devem prever área de manobra para rotação de 360° para circulação de pessoa em cadeira de rodas
7.12.1.1 - Área de transferência Para boxes de chuveiros, deve ser prevista área de transferência externa ao boxe, de forma a permitir a aproximação e entrada de cadeira de rodas, cadeiras de banho ou similar. Quando houver porta no boxe, esta deve ter vão com largura livre mínima de 0,90 m e ser confeccionada em material resistente a impacto. Recomenda-se o uso de cortina ou porta de correr, desde que sem trilho no piso. A área de varredura da porta não pode interferir na área de transferência da cadeira de rodas para o banco. Os boxes devem ser providos de banco articulado ou removível, com cantos arredondados e superfície antiderrapante impermeável, ter profundidade mínima de 0,45 m, altura de 0,46 m do piso acabado e comprimento mínimo de 0,70 m, instalados no eixo entre as barras. O banco e os dispositivos de fixação devem suportar um esforço de 150 kg
7.12.1.2 - Dimensões mínimas dos boxes de chuveiros As dimensões mínimas dos boxes de chuveiros devem ser de 0,90 m x 0,95 m.
7.12.2 - Comandos Nos chuveiros recomenda-se o uso de equipamentos com válvula termostática, que evita o risco de queimaduras ou o uso de monocomandos. Quando do emprego de registros de pressão para a mistura das águas quente e fria, estes devem ser acionados por alavanca com curso de no máximo 1/2 volta e ser instalados. O chuveiro deve ser equipado com desviador para ducha manual, e o controle de fluxo (ducha/chuveiro) deve ser na ducha manual. A função chuveiro pode ser exercida por ducha manual, fixada em barra deslizante, permitindo regulagens de alturas apropriadas às diversas necessidades dos usuários.
7.12.3 - Barras de apoio em boxes para chuveiros Os boxes para chuveiros devem ser providos de barras de apoio de 90° na parede lateral ao banco, e na parede de fixação do banco deve ser instalada uma barra vertical
7.12.4 Desnível do piso do boxe do chuveiro e vestiários Os pisos dos boxes de chuveiro e vestiários devem observar as seguintes características:
a) ser antiderrapantes
b) estar em nível com o piso adjacente, uma vez que cadeiras de banho se utilizaram destes, é recomendada uma inclinação de até 2 % para escoamento das águas do chuveiro para o ralo
c) grelhas e ralos devem ser posicionados fora das áreas de manobra e de transferência É recomendado o uso de grelhas lineares junto à parede oposta à área de acesso.
7.13 - Banheira
7.13.1 - Deve ser prevista área de transferência lateral para plataforma fixa ou móvel, de forma a permitir aproximação paralela à banheira.

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(continuação)

7.13.2 - A transferência pode ser feita das seguintes formas a) plataformas fixas niveladas b) plataforma móvel
7.13.2.1 - A altura da banheira deve ser de no máximo 0,46 m do piso acabado.
7.13.2.2 - Nas banheiras recomenda-se o uso de equipamentos com válvula termostática, que evita o risco de queimaduras, ou o uso de monocomandos. Quando empregados registros de pressão para a mistura de águas quente e fria, estes devem ser acionados por alavancas, com curso de 1/2 volta.
7.13.2.3 - O acionamento do comando deve estar a uma altura de 0,80 m do piso acabado. Recomenda-se que os acionamentos estejam posicionados na parede lateral à banheira, oposta à plataforma.
7.13.2.4 - A banheira deve ser provida de duas barras de apoio horizontais na parede frontal e uma vertical na parede lateral, do mesmo lado da plataforma
7.13.2.5 - A plataforma para transferência, bem como o fundo da banheira, devem ter superfície antiderrapante, e não podem ser excessivamente abrasivos
7.13.2.6 - A existência da banheira acessível não elimina a necessidade do boxe acessível para chuveiro
7.14 - Vestiários
Os vestiários em cabinas individuais acessíveis com uma superfície para troca de roupas na posição deitada devem atender às dimensões dispostas na imagem. A área de transferência deve ser garantida, podendo as áreas de circulação e manobra estar externas às cabinas.
<p style="text-align: center;">Dimensões em metros</p> <p>a) Vista frontal</p> <p>b) Vista lateral direita</p> <p>c) Vista superior</p> <p>d) Vista lateral esquerda</p>
7.14.1.1 - As cabinas individuais devem ser providas de duas barras de apoio horizontais, na parede frontal e na parede lateral oposta à porta. O espelho e o cabide devem ser instalados conforme 7.14
7.14.1.2 A porta da cabina deve atender ao descrito em 6.11.2.7, tendo sentido de abertura para o lado externo.

Quadro 3 – Seção 7 da Norma ABNT 9050 - Acessibilidade

(conclusão)

<p>7.14.2 - Bancos</p> <p>Os bancos devem ser providos de encosto, ter profundidade mínima de 0,45 m, largura mínima de 0,70 m e ser instalados a uma altura de 0,46 m do piso acabado.</p> <p>Os bancos devem estar dispostos de forma a garantir as áreas de manobra, transferência e circulação, conforme Seção 4. Recomenda-se espaço inferior ao banco de 0,30 m, livre de qualquer saliência ou obstáculo, para permitir eventual área de manobra</p>
<p>7.14.3 - Armários</p> <p>A altura de utilização de armários deve estar entre 0,40 m e 1,20 m do piso acabado. A altura de fixação dos puxadores e fechaduras deve estar em uma faixa entre 0,80 m e 1,20 m. As prateleiras devem ter profundidade máxima que atenda aos parâmetros estabelecidos em 4.6.</p> <p>A projeção de abertura das portas dos armários não pode interferir na área de circulação mínima de 0,90 m e as prateleiras, gavetas e cabides devem possuir profundidade e altura que atendam às faixas de alcance manual e visual, conforme Seção 4.</p>
<p>7.14.4 - Espelhos</p> <p>Os espelhos devem ser instalados conforme 7.11.1.</p>
<p>7.14.5 - Cabides e porta-objetos</p> <p>Os cabides e porta-objetos devem ser instalados a uma altura entre 0,80 m a 1,20 m do piso acabado. Os porta-objetos devem ter profundidade máxima de 0,25 m. Não pode haver elementos com superfícies cortantes ou abrasivas.</p>

Fonte: Adaptado ABNT NBR 9050:2015 (2019).

4.1 PROPOSIÇÕES DE ESTUDO

Segundo YIN (2005), alguns estudos não necessariamente precisam apresentar uma proposição, principalmente quando se tratam de temas exploratórios. Contudo, o mesmo autor afirma que este tipo de pesquisa deve possuir alguma finalidade e critérios que serão utilizados para avaliar o sucesso do projeto de pesquisa.

Dando sequência às questões de estudo explicitadas no início deste capítulo, este estudo tem como objetivo analisar o processo de implementação da verificação automática de regras por meio do desenvolvimento de uma ferramenta de verificação com o Solibri Model Checker com a finalidade de reduzir erros e agilizar o processo de verificação da Norma de Acessibilidade.

Para fins de avaliação da ferramenta, foi realizado um levantamento quantitativo de regras verificáveis com o SMC e suas limitações foram categorizadas em função dos motivos que impossibilitaram sua automação, permitindo que desta forma haja uma segregação entre os resultados observados para um mapeamento eficiente das limitações e capacidades desta ferramenta. Somado a isso, a disposição da informação considerada para configuração dos *templates* de regras no SMC se baseou em modelos BIM realizados por escritórios especializados para este tipo serviço, fazendo com que os modelos estudados na presente pesquisa retratassem o estágio de adoção BIM dos modelos desenvolvidos em Revit praticados no mercado e seu nível de detalhamento de informações. Com isso, considerando as informações de entrada necessárias para a execução das *rulesets*, esta pesquisa propôs um padrão para parametrização dos modelos BIM, de forma que viabilizasse e facilitasse a execução da verificação automática sem que houvesse

um impacto exagerado no preparo do modelo, prejudicando a produtividade do projetista.

4.2 UNIDADES DE ANÁLISE

Para aplicação das regras, o material de estudo utilizado foram modelos de dois empreendimentos, escolhidos pela sua abrangência de casos, possibilitando a verificação de um maior número de itens da Norma. Ambos os casos são projetos que já passaram pelo processo de aprovação da prefeitura, atendendo a todos os requisitos estabelecidos pela Norma de Acessibilidade.

4.2.1 Primeiro caso: empreendimento residencial

Se trata de um edifício residencial de alto padrão, com apartamentos de até 205 m² divididos em 15 pavimentos, sendo uma unidade por andar com um *triplex* (unidade com três pavimentos). No pavimento térreo estão previstos 2 banheiros acessíveis, sendo um ao lado da academia para uso esportivo e outro, um vestiário com banheiro conjugado, próximo à copa dos funcionários. No primeiro pavimento, também está previsto um banheiro acessível, localizando-se próximo à área da piscina e da sala de massagem. Desta forma, a obrigatoriedade de haver banheiros acessíveis para áreas de uso comum são atendidas.

A modelagem foi feita por uma empresa terceirizada, com especialização na construção de modelos virtuais 3D parametrizados, utilizando o Revit 2017 como ferramenta BIM de modelagem. Para o estudo, o desenvolvimento da ferramenta de verificação automática se baseou nos parâmetros disponibilizados deste modelo.

4.2.2 Segundo caso: empreendimento misto

Se trata de um edifício para uso misto (residencial e comercial) de alto padrão, com unidades de 89 m² a 202 m² divididos em 25 pavimentos, contemplando 39 unidades. Pelo fato de ser categorizado como um empreendimento misto, os itens da Norma NBR 9050 voltados a edificações de uso comercial poderão ser aplicados, resultando em uma maior abrangência de regras para o presente estudo, além de aumentar o escopo de atuação da ferramenta desenvolvida.

Para esta edificação, está previsto um banheiro acessível no quarto subsolo com área para banho, no pavimento térreo, um banheiro acessível próximo à sala de ginástica e uma próximo à loja. Do primeiro ao terceiro pavimento, serão construídos banheiros acessíveis, dentro das dependências da zona comercial do edifício. No quarto pavimento, está previsto um banheiro acessível, porém este é para uso comum da parte residencial, se localizando ao lado da piscina e da sauna. Para este caso, a modelagem paramétrica também foi realizada por uma escritório de modelagem com o emprego do Revit na versão 2017.

4.3 PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS - ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

Para estruturação lógica da pesquisa e definição de critérios de avaliação dos resultados, a pesquisa se baseou no formato proposto por Eastman et al. (2009), dividindo o processo em 4 etapas:

4.3.1 Interpretação e estruturação lógica de regras e suas aplicações

Segundo Mainardi Neto (2016), as normas, leis e diretrizes se desenvolveram pensando na capacidade de compreensão do homem, cabendo a ele analisar a documentação, a fim de verificar se o projeto cumpre as regras vigentes, e propor soluções caso seja necessário. Entretanto, a capacidade interpretativa de um computador funciona de maneira diferente, respondendo a uma lógica matemática, havendo uma limitação no processo de tradução das regras.

Para esta fase, Eastman et al. (2009) afirmam que algumas regras a serem traduzidas serão facilmente parametrizáveis por se dependerem de dimensões geométricas ou quantitativos, enquanto que para outros casos, a regra pode se enquadrar em casos mais subjetivos, impossibilitando a verificação automática.

Além disso, determinados itens das regulamentações são compostos, ou seja, compreendem um conjunto de requisitos que exigirão combinações de regras de verificação para aplicação de um único item. Para esses itens, foi necessário decompor o requisito em diversas regras para uma posterior automação. O Quadro 4 exemplifica um caso de regra composta.

Quadro 4 – Exemplo de Regras Compostas

7.14.2 - Bancos
Os bancos devem ser providos de encosto, ter profundidade mínima de 0,45 m, largura mínima de 0,70 m e ser instalados a uma altura de 0,46 m do piso acabado.
Os bancos devem estar dispostos de forma a garantir as áreas de manobra, transferência e circulação, conforme Seção 4. Recomenda-se espaço inferior ao banco de 0,30 m, livre de qualquer saliência ou obstáculo, para permitir eventual área de manobra.

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

Observa-se que para o atendimento do item 7.14.2, um conjunto de critérios deverão ser atendidos:

- Possuir encosto;
- Profundidade mínima de 0,45 m;
- Largura mínima de 0,70 m;
- Altura de 0,46 m em relação ao piso acabado

- Garantir área de manobra
- Garantir Área de transferência
- Garantir área de circulação

Nestes casos, existe a possibilidade de que apenas uma parcela dessas regras decompostas possam ser executáveis via SMC, configurando um caso de regra parcialmente verificável. Isso ocorre pois esta decomposição pode resultar em regras subjetivas ou então em requisitos que não podem ser checados devido a indisponibilidade de uma *ruleset* adequada, por exemplo.

Durante esta primeira etapa do processo de implementação da verificação automática de regras, esta foi avaliada considerando a parametrização da seção 7 da Norma ABNT NBR 9050, tendo como primeiro objetivo mapear-se os quesitos em diferentes aspectos com o intuito de se levantar quantitativamente as limitações no processo de verificação de regras, sejam elas provenientes do grau de subjetividade contida na Norma ou pelas limitações do SMC. Para tanto, uma classificação inicial das regras foi proposta para que os levantamentos quantitativos do trabalho pudessem ser analisados sob perspectivas diferentes, trazendo uma maior abrangência para o estudo. Elas serão apresentadas nas subseções a seguir.

4.3.1.1 Requisitos que não são proposições

Esta classificação categoriza todos os itens que não podem ser formulados em proposições objetivas que possam ser atribuídos como verdadeiro ou falso. O /refquadro4 exemplifica este caso. Com a utilização do termo "próxima" sem a definição clara de distâncias mínimas entre os ambientes, a checagem acaba se enquadrando em um caso subjetivo, cabendo aos agentes de verificação que assumam critérios para validação de projetos.

Quadro 5 – Exemplo de não proposição

7.3 - Localização

7.3.1 - Os sanitários, banheiros e vestiários acessíveis devem localizar-se em rotas acessíveis, próximas à circulação principal, próximas ou integradas às demais instalações sanitárias, evitando estar em locais isolados para situações de emergências ou auxílio, e devem ser devidamente sinalizados conforme Seção 5.

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

4.3.1.2 Requisitos não obrigatórios

Esta categoria separa os itens da Norma que não assumem o papel de requisitos que serão considerados para aprovação. Geralmente acompanham do termo "recomenda-se", retirando a obrigatoriedade para aplicação desta regra. O Quadro 6 apresenta um caso da Norma de Acessibilidade que retrata este caso.

Quadro 6 – Exemplo de Requisito não Obrigatório

7.3 - Localização

7.3.2 - Recomenda-se que a distância máxima a ser percorrida de qualquer ponto da edificação até o sanitário ou banheiro acessível seja de até 50 m. Seção 5.

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

4.3.1.3 Requisitos referenciados

Em diversas Normas, alguns itens referenciam outras Normas específicas que tratam do mesmo assunto. Para esta pesquisa, tais requisitos não foram explorados para que o foco do estudo se concentrasse nas regras disponíveis na NBR 9050. O Quadro 7 ilustra um caso que se enquadra a esta situação.

Quadro 7 – Exemplo de requisitos que reportam uma Norma específica

7.6.2 - Barras de Apoio

Quando executadas em material metálico, as barras de apoio e seus elementos de fixação e instalação devem ser confeccionadas em material resistente à corrosão, conforme ABNT NBR 10283, e determinação da aderência do acabamento conforme ABNT NBR 11003.

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

4.3.1.4 Requisitos implícitos

Esta classificação é aplicada aos itens em que a regra está implícita em outro requisito da Norma de forma que elas as complementam, não havendo sentido sozinhas. Um desses casos é apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Exemplo de Requisitos Implícitos - Caso 1

7.2 - Tolerâncias dimensionais

Os valores identificados como máximos e mínimos nesta Seção devem ser considerados absolutos, e demais dimensões devem ter tolerâncias de mais ou menos 10 mm.

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

Além deste caso, por vezes, os requisitos da Norma se repetem possibilitando a utilização de uma mesma configuração de *rulesets* para verificação destes requisitos. Considerando-os como casos de repetição, sua contabilização acaba perdendo valor em análises quantitativas. O Quadro 9 ilustra outro caso de requisito implícito. Ao se executar a regra que verifica a área de giro e altura livre frontal na superfície superior, serão averiguadas se as alturas de colunas, cubas, lavatórios e bancadas atendem os requisitos mínimos no item 7.5 a). Na regra de verificação de área livre para giro, a projeção de todos os elementos que estão dentro do ambiente acessível são

considerados para atender a área livre de manobra. Com isso, o requisito 7.5 **d)** já é atendido com a combinação destas duas regras.

Quadro 9 – Exemplo de Requisitos Implícitos - Caso 2

<p>7.5 - Dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível - 1</p> <p>d) Deve ser instalado: Lavatório sem coluna ou com coluna suspensa ou lavatório sobre o tampo dentro do sanitário ou boxe acessível, em local que não interfira na área de transferência para a bacia sanitária, permitindo que a área de aproximação seja sobreposta à área de manobra.</p>
<p>7.5 - Dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível - 2</p> <p>a) Circulação com giro de 360°</p> <p>e) Dimensões exigidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura livre frontal na superfície inferior, garantindo pelo menos 0,3 m de altura livre • Altura da superfície superior do lavatório deve estar entre o intervalo de 0,78 m a 0,80 m • Exceto lavatório infantil

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

4.3.1.5 Requisitos verificáveis e não verificáveis pelo SMC

Para estas classificações, o estudo deverá ser dirigido em duas frentes: a primeira com foco na parametrização da Norma de acessibilidade e a segunda visando a configuração do SMC para aplicação dessas regras nos projetos arquitetônicos. Apesar de algumas regras da Normas possuírem parâmetros que permitam atribuições de verdadeiro ou falso como resultado, existem certas limitações no modelo e na disponibilidade de *templates* de regras que impossibilitam a sua automação. Portanto a simples parametrização dos requisitos da Norma não garantem a automatização desta checagem sem que seja analisado a disponibilidade das *rulesets* adequadas para sua aplicação. O Quadro 10 exemplifica um caso verificável o qual uma regra disponível na biblioteca de *rulesets* do SMC pode ser adequada a um item da NBR 9050, selecionando o primeiro item da Figura 12 "*Free Wheelchair Turning Circle*".

Quadro 10 – Exemplo de requisitos verificáveis pelo SMC

<p>7.5 - Dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível</p> <p>As dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível devem garantir o posicionamento das peças sanitárias e os seguintes parâmetros de acessibilidade:</p> <p>a) circulação com o giro de 360° ;</p>
<p>SOL/209 Free Floor Space</p> <p>Espaço Livre de Circulação: esta regra checa se os espaços possuem espaço livre suficiente de circulação, permitindo averiguar áreas de giro em sanitários.</p>

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

Figura 12 – Configuração da *ruleset* SOL/209

Choose Requirements

Free Wheelchair Turning Circle
 Diameter: 1.50 m

Free Corridor
 Width: 914 mm
 Subtract Door Swings:

Free Rectangle
 Avoid Obstacles:
 Length: 2.00 m
 Width: 1.00 m

Free Space on Side
 Furniture Classification:
 Minimum Length (A): 0 mm
 (A) Equals Furniture Length:
 Front and Back:
 Minimum Width (B): 0 mm
 Double Sided:

Furniture Distance
 Furniture Classification:
 Minimum Distance: 405 mm
 Maximum Distance: 455 mm
 Double Sided:

OK Cancel

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

O Quadro 11 por sua vez, apresenta um caso em que a indisponibilidade de regra no SMC impossibilita a sua checagem automática. As considerações destes casos serão discutidas mais a fundo no capítulo 4 e 5.

Quadro 11 – Exemplo de requisitos não verificáveis pelo SMC

7.5 - Dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível

As dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível devem garantir o posicionamento das peças sanitárias e os seguintes parâmetros de acessibilidade:

k) Alcance manual para acionamento da válvula sanitária, da torneira, das barras, puxadores e trincos e manuseio e uso dos acessórios;

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

4.3.1.6 Requisitos parcialmente verificáveis pelo SMC

Os itens categorizados como parcialmente verificáveis consistem em regras que podem ser decompostas em diversos critérios de forma que apenas uma parcela delas são executáveis via SMC. A Quadro 12 exemplifica este caso, o qual os parâmetros da área de transferência diagonal não são definidos, enquanto que a transferência lateral pode ser verificada por meio da *ruleset* SOL/209 - *Free Floor Spaces* (área livre de circulação), ilustrada na Figura 12. Utilizando a quarta opção "*Free Space on Side*", é possível verificar se existe um espaço livre ao lado de uma bacia sanitária, de forma que permita a transferência lateral. Portanto, a seção 7.5, item b da ABNT NBR 9050 é um exemplo de regra parcialmente automatizáveis.

Quadro 12 – Exemplo de requisitos parcialmente verificáveis pelo SMC

7.5 Dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível

As dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível devem garantir o posicionamento das peças sanitárias e os seguintes parâmetros de acessibilidade:

b) área necessária para garantir a transferência lateral, perpendicular e diagonal para a bacia sanitária

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

Após esta primeira etapa de parametrização da Norma, foram analisadas as regras de verificação contidas no *Solibri Model Checker*, desta vez com a finalidade de se mapear quais itens da Norma poderão ser aplicáveis para a verificação automática de regras, considerando a biblioteca de *rulesets* disponíveis, permitindo o levantamento quantitativo de regras que não poderão ser verificadas pelo motivo de limitações do *software* empregado para este estudo. Essa abordagem tem como finalidade de trazer também uma análise do desenvolvimento desta ferramenta de verificação.

4.3.1.7 Requisitos não aplicáveis para o Estudo de Caso

A Norma de Acessibilidade foi escrita de forma que pudesse abranger todos os tipos de empreendimentos e suas particularidades. Dessa forma, para o presente Estudo de Caso, haverá regras que não poderão ser aplicáveis pelo fato dos objetos de estudo não possuírem determinados

elementos ou ambientes e também por não pertencerem a determinadas categorias em que os requisitos da Norma se aplicam.

No exemplo apresentado no Quadro 13, os requisitos para instalação de banheiras em ambientes acessíveis serão aplicáveis apenas para empreendimentos que contenham este elemento. No caso de não haver uma banheira acessível em um empreendimento, esta regra se enquadraria em requisitos não aplicáveis.

Quadro 13 – Exemplo de Requisitos não Aplicáveis para o Estudo de Caso

7.13 - Banheira

7.13.1 - Deve ser prevista área de transferência lateral para plataforma fixa ou móvel, de forma a permitir aproximação paralela à banheira.

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

4.3.1.8 Requisitos que tratam de elementos que não constam no modelo

Para uma classificação mais detalhada de requisitos não verificáveis, esta categoria foi elencada para quantificar o número de requisitos que envolvem elementos que não constam no projeto. Um exemplo disso é a seção 7.11 da Norma de Acessibilidade em que são levantadas os requisitos de localização e disposição dos acessórios para sanitários, tais como saboneteiras, toalheiros, papeleiras e espelhos. O Quadro 14 exemplifica um destes casos.

Quadro 14 – Exemplo Objetos que não Contam no Modelo

7.11 - Acessórios para sanitários

7.11.4 Porta-objetos

Deve ser instalado um porta-objetos junto ao lavatório, ao mictório e à bacia sanitária, a uma altura entre 0,80 m e 1,20 m, com profundidade máxima de 0,25 m, em local que não interfira nas áreas de transferência e manobra e na utilização das barras de apoio.

Fonte: ABNT NBR 9050 (2015).

Levando-se em conta que a fase de aprovação de projetos ainda é um estágio inicial, diversos detalhamentos ainda não foram definidos ou então poderão sofrer alterações a medida em que a obra se desenvolve. Além disso, são casos de objetos que geralmente constam em memoriais descritivos de um projeto, mas sem haver uma representação ilustrada em projetos 2D.

4.3.2 Preparo do modelo

Segundo Eastman et al.(2009) para o preparo do modelo, é necessário que seja solicitado explicitamente ao projetista que forneça a informação do modelo da edificação. Para alguns casos, o repasse dessa informação é tão intrínseca ao elemento que não gera dificuldades para a modelagem BIM, como por exemplo localização e tamanho de portas e janelas. Para outros casos, a configuração definida pelo projetista pode impactar na execução da verificação de regras,

uma vez que alguns dados derivados do modelo dependam da interpretação de terceiros, como é o caso de cálculo de área livre mínima sobre escadas. A sua verificação depende da correta identificação dos elementos envolvidos para obtenção de suas propriedades e localizações.

Além disso, Nawari (2012) ressalta a importância da classificação dos elementos dentro de uma hierarquia ontológica para favorecer uma verificação mais assertiva. Segundo Eastman et al. (2009), a tradução de regras possui dois aspectos: a condição ou contexto em que a regra se aplica e as propriedades dos elementos ou espaços limitados pela regra. Por exemplo, na verificação de rotas de fuga em um modelo, primeiramente são identificados todos os espaços que podem compor um caminho para a saída, definindo as condições de aplicação da regra. Em seguida, as propriedades destes espaços como comprimento e largura do espaço são levados em conta para calcular as distâncias para todas as potenciais rotas de fuga. Portanto, estas classificações defendidas por Nawari (2012), se provaram bastante funcionais ao serem empregadas, impactando positivamente em diversas fases posteriores durante o ciclo de vida de um empreendimento.

Alinhado a esta premissa, os próprios manuais de utilização do Solibri Model Checker também preconizam uma prévia classificação dos elementos e espaços do modelo como boas práticas para melhor assertividade da verificação automática.

Além disso, algumas *rulesets* dependem desta classificação para correta execução, como é o caso da regra SOL / 208 - *Accessible Door Rule* (regra de portas acessíveis), a qual solicita a entrada dos ambientes a serem considerados para verificação, definidos no *software* como *Space Usage*, e também a entrada dos elementos a serem checados, no caso definidos como *Door Classification Name*, ilustrados na Figura 13

Figura 13 – Dados de entrada para execução da regra SOL / 208

PARAMETERS Revert Changes ▲ Severity Parameters

Specify Space Classification and Door Requirements

Space Classification Space Usage

Door Requirements + × ^ v

Space Classification Na...	Space Classification Na...	Min Width	Min Height	Max Threshold Hei...	Min Glazing Ra...	Requireme...
PNE WC		800 mm	2.10 m	20 mm	0%	[DIR_2TO1, D...
PNE VEST		800 mm	2.10 m	20 mm	0%	[DIR_1TOOU...
PNE WC ACAD		1.00 m	2.10 m	20 mm	0%	[DIR_2TO1, D...

First Priority Values for Door Dimensions

Property for Frame Thickness ...

Property for Panel Thickness ...

Property for Threshold Height ...

Property for Glazing Ratio ...

Second Priority Values for Door Dimensions

Door Classification Building Elements - General

Door Dimensions + × ^ v

Door Classification Name	Frame Thickness	Panel Thickness	Threshold Height	Glazing Ratio
PORTA PNE	0 mm	0 mm	0 mm	0%

Third Priority Values for Door Dimensions

Default Frame Thickness

Default Panel Thickness

Default Threshold Height

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Uma das funcionalidades desta *ruleset* é verificar se o sentido de abertura da porta é para fora dos ambientes acessíveis. Portanto, para que esta regra seja executada corretamente, primeiramente o contexto em que essa regra se aplica deve ser definida através do *Space Usage*, ou seja, nos banheiros acessíveis classificados para este modelo como "PNE WC", "PNE VEST" e "PNE WC ACAD". Em seguida, para que o programa verifique se as portas possuem abertura para fora ou para dentro dos ambientes destacados, é necessário que o programa reconheça quais portas deverão ser analisadas. Para tanto, ao se classificar todas as portas do modelo como "PORTA PNE", esta verificação se restringirá aos ambientes e elementos elencados para validação desta regra.

Na ausência de classificações de ambientes e elementos, seria impossível definir o escopo de atuação desta *ruleset*. O SMC permite que se apliquem regras de classificação com base nas propriedades dos elementos e ambientes importados do modelo. Vale ressaltar que na

impossibilidade de diferenciá-los para que seja definido o que está dentro e fora do escopo de atuação de uma determinada regra, essas classificações perdem valor no processo de verificação automática.

Andrade e Silva (2017) ressaltam a importância desta fase, apontando a correta parametrização como prática fundamental para o sucesso da verificação.

França (2018) complementa destacando a importância de se definir as informações necessárias e suas formatações em um momento inicial do projeto, pois a inserção destas informações em um momento posterior podem acarretar em um gasto grande de energia com retrabalhos na reconfiguração do modelo.

4.3.2.1 Importação e exportação do modelo

Além da inserção das informações necessárias no modelo para o sucesso durante a execução de verificações automáticas de regras, uma etapa fundamental no processo do *code checking* é averiguar se as informações são de fato transmitidas através do IFC.

Segundo Andrade e Ruschel (2009), apesar dos avanços no processo de importação e exportação de modelos, ainda existem perdas de informação neste processo. Para o presente estudo, eventuais falhas na exportação durante este processo foram registrados para que desta forma sejam listadas as limitações na automação da checagem de regras relacionadas a esta etapa.

Para mapeamento dos parâmetros que não são transmitidos via IFC, utilizou-se as *rulesets* de pré-checagem para este estudo. A presente pesquisa se limitou em registrar essas falhas de interoperabilidade considerando apenas as informações já inseridas no modelo, estendendo-se a pequenas modificações, no caso de ser necessária uma investigação do preparo do modelo para averiguar caminhos alternativos de parametrização que favoreçam a execução da checagem. As falhas oriundas do processo de conversão do modelo para o formato IFC não será abordada nesta pesquisa, pois o estudo deste comportamento foge do seu escopo.

4.3.3 Fase de execução das regras

Baseada na estruturação lógica das regras realizada na etapa de tradução, um conjunto de *rulesets* disponibilizados na biblioteca do SMC foram elencados para realizar a checagem de um determinado requisito da Norma. A verificação automática analisa o modelo com base na configuração de objetos, ou seja, suas relações ou atributos. Desta forma, os sistemas baseados em regras e condições para um determinado modelo apontarão resultados como “aprovado”, “falha” ou “alerta” ou “desconhecido”. Em seguida, os resultados de inconsistência gerados deverão ser apurados para elaboração do relatório de inconsistências (EASTMAN et al., 2009). Com isso, espera-se então que hajam regras que necessitem de uma validação humana antes de se gerar o relatório final de não conformidades. Este aspecto é outra variável analisada para

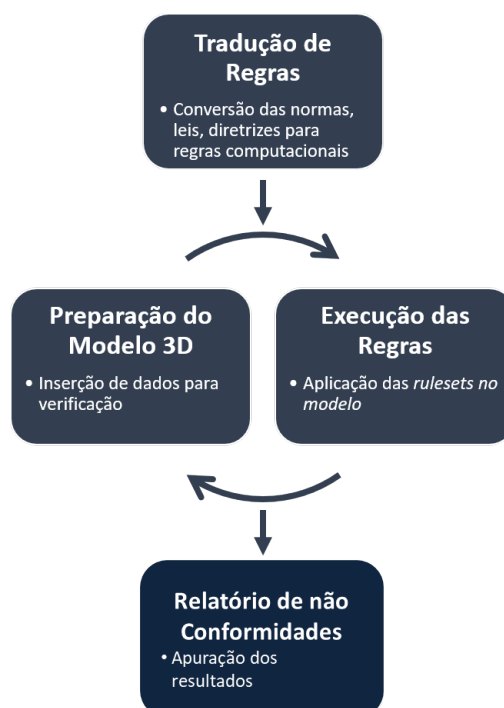
categorizar motivos para a limitação da checagem robotizada, onde a ferramenta atua de forma parcial para a verificação com a diminuição do volume de itens a serem verificados.

Os mesmos autores apontam a necessidade de que, durante esta fase, seja inserido um processo de verificação sintática, onde ocorrerá a verificação da existência de nomenclaturas e códigos dos objetos. Com isso, se garante a padronização da informação inserida nos modelos, alertando casos em que os elementos do modelo não possuam as informações que serão necessárias durante o processo de verificação. Esta funcionalidade possibilita a melhora na eficiência em gestão da informação. Para melhor assertividade da verificação, EASTMAN et al. (2009) sugerem uma validação prévia relacionada à integridade das nomenclaturas e códigos adotados no projeto.

Para tanto, durante esta fase, a pesquisa teve o foco em primeiramente desenvolver e configurar um conjunto de *rulesets* focando-se nos parâmetros que serão utilizados para o *code checking*. Após a validação da integridade e da correta classificação dos elementos e espaços do modelo, foram executados os conjuntos de regras, desta vez visando as conformidades com a Norma de Acessibilidade, voltadas para banheiros, sanitários e vestiários acessíveis.

Além disso, nesta etapa foram levantadas as regras não automatizáveis por motivos em que os parâmetros não poderiam ser consultados ou derivados, impossibilitando assim, a execução de determinadas regras. Esta etapa e a de preparo do modelo serão iterativas, pois apenas após o recebimento do modelo por meio do IFC é possível checar eventuais defasagens de informação para que sejam exploradas diferentes maneiras de parametrização que permitam facilitar a consulta ou classificação, seguindo o fluxo ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Processo de implementação do *code checking*



Fonte: Adaptado Eastman et al. (2009).

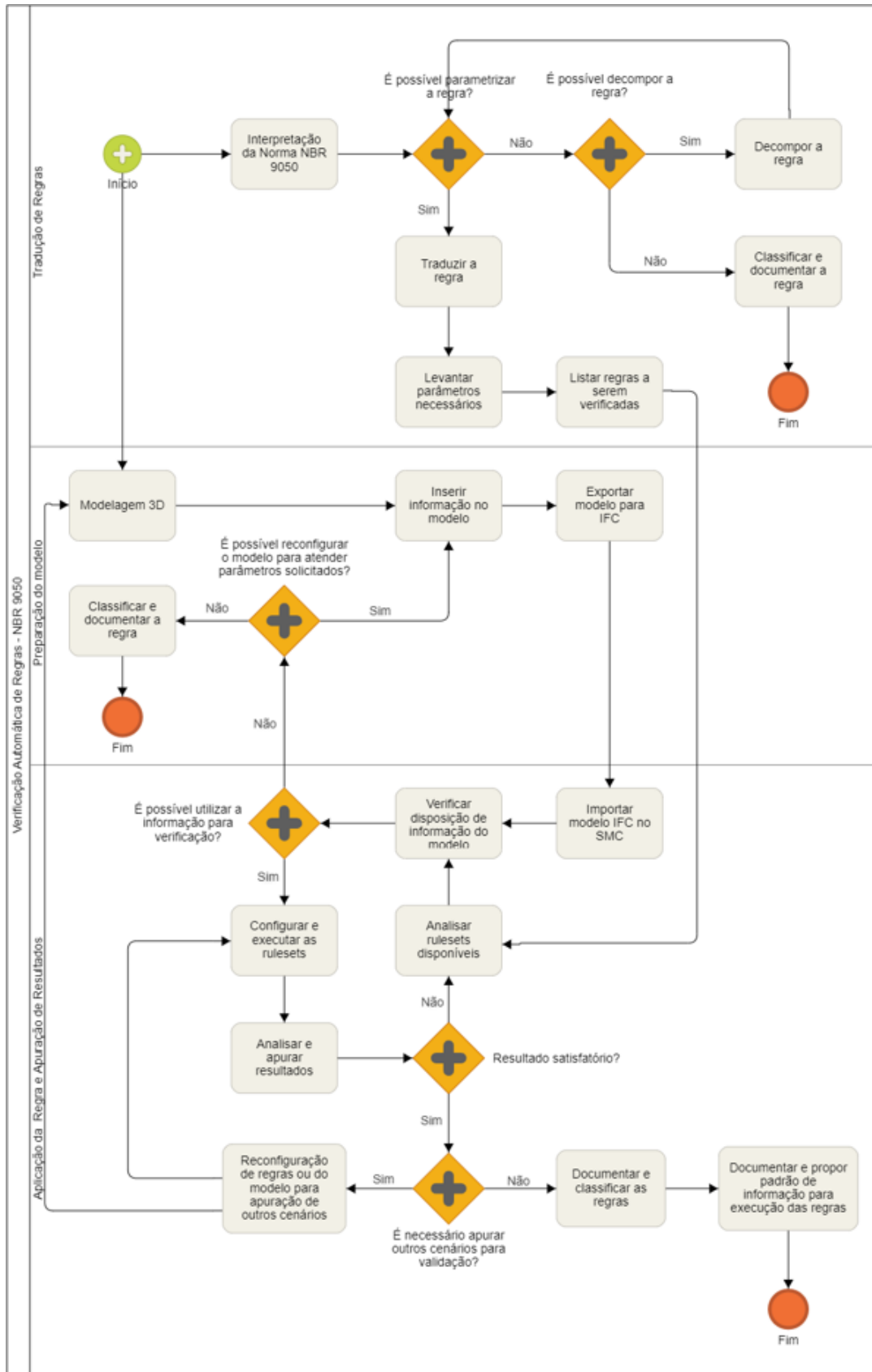
4.3.4 Relatório dos resultados da verificação

Conforme afirmação de Eastman et al. (2009), o relatório consolidado dos resultados da verificação da Norma de Acessibilidade será fruto da combinação entre as verificações automatizadas e manuais. No processo de apuração dos resultados gerados automaticamente pelas regras de verificação, os resultados serão divididos em três grupos:

- Itens da norma que foram verificados por completo por meio do processo automatizado, sem a necessidade da interferência humana no processo de verificação
- Itens que foram parcialmente verificados e necessitarão de uma análise manual complementar para concluir o processo de verificação
- Itens que se mostraram com elevado grau de complexidade para implementação, onde a atuação humana será sempre necessária em todo o processo de verificação
- Itens que necessitam de um elevado grau de esforço na parametrização de regras ou que gerem um número muito elevado de resultados que necessitam de verificação manual, de forma que a sua automação não se mostre eficaz para acelerar o processo de verificação de projetos

O relatório deverá conter todos os casos de não conformidades identificados para que ações corretivas sejam tomadas ainda na fase de *design*. Vale ressaltar que esta etapa do processo de verificação e a etapa de preparo do modelo também são iterativas para que uma maior abrangência de resultados sejam validados a fim de garantir uma maior confiabilidade na assertividade da ferramenta desenvolvida. O fluxo completo para implementação e validação do *code checking* está ilustrado na Figura 15

Figura 15 – Fluxograma de implementação e validação do *code checking*



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

4.3.5 Apuração e validação dos resultados

Uma vez criada e configurada a ferramenta de verificação automática de regras, é necessário validá-la para averiguar se ela atende com assertividade o seu propósito e também para garantir uma maior confiabilidade no seu emprego. Para isso, os resultados gerados pela verificação automática foram primeiramente comparados com os resultados obtidos manualmente. Este comparativo possibilitou checar eventuais falhas de funcionamento das *rulesets*, seja por gerar inconsistências adicionais quando não deveriam, ou por omitir inconsistências em casos que deveriam ser acusados.

Como segunda etapa de validação, as configurações das *rulesets* foram modificadas de forma que o programa gerasse resultados opostos aos alcançados durante a primeira validação. Esta etapa contribui no processo de investigação de casos em que são gerados falsos positivos ou falsos negativos após a execução das regras, ou seja, itens inconsistentes que constam ou não no resultado de não conformidades, mas por um motivo diferente dos seus critérios de avaliação.

4.4 CLASSIFICAÇÃO DE REGRAS - CRITÉRIOS PARA INTERPRETAÇÃO DAS DES-COBERTAS

A classificação das regras se destacam como importantes ferramentas para mensurar de forma quantitativa a eficiência da automação no processo de verificação. A partir desta categorização, é possível realizar análises considerando cenários diversos.

Pelo fato da linguagem informática tratar de requisitos que seguem uma lógica matemática, as questões subjetivas sempre dependerão de uma interpretação humana para validação. Portanto, apesar de ser possível realizar a parametrização de itens subjetivos, seus resultados sempre dependerão dos critérios adotados pelo programador (EASTMAN et al., 2009), permitindo que análises divergentes sejam atribuídos para um mesmo caso. Considerando tais possibilidades, a automação destas regras serão documentadas, contribuindo no mapeamento de subjetividades que constam na Norma e dificultam no processo de automatização da verificação de regras.

Para o presente estudo, foram escolhidas classificações previamente utilizadas em pesquisas relacionadas ao tema. Elas assumem um papel fundamental para o entendimento dos resultados, atribuindo motivos para eventuais fracassos ou sucessos após a execução das regras.

A classificação de Silva e Arantes (2016) apresentada na Tabela 3 é voltada para as regras da Norma de Acessibilidade separando-as em 5 classes, considerando diferentes aspectos da regra que viabilizam ou não sua automação.

Tabela 3 – Proposta de classificação de Regras de França apud. Silva e Arantes (2016)

Classe	Requisitos
Classe-1	Requisitos que não são proposições
Classe-2	Requisitos que remetem a outras normas.
Classe-3	Requisitos que são verificáveis automaticamente pelo SMC
Classe-4	Requisitos que não são verificáveis automaticamente pelo SMC
Classe-5	Requisitos que são parcialmente verificáveis pelo SMC

Fonte: Adaptado França apud. Silva e Arantes (2016)

No intuito de se refinar a análise das regras de verificação, a classificação proposta por Solihin e Eastman (2015) permite o mapeamento do grau de complexidade de cada regra. Esta categorização possibilita mensurar a qualidade de implementação do *code check*, segregando-os quanto ao seu nível de complexidade para construção e geração de resultados.

Esta classificação divide as *rulesets* em 4 níveis de complexidade, considerando a forma em que o programa utiliza e deriva os dados disponíveis para uma análise automática até sua capacidade de propor soluções para as não conformidades dos modelos, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Proposta de classificação de Regras objetivas

Classe	Descrição
Classe-1	Checagem baseada em uma única ou pequenos números de dados explícitos. A verificação utilizará informações contidas nos elementos, sejam elas geométricas ou consultadas através dos parâmetros inseridos.
Classe-2	Checagem baseada em valores derivados simples, como por exemplo distância entre elementos. Esta informação não está inserida explicitamente em um componente, porém é possível calculá-lo a partir das relações de posição e tamanho entre eles.
Classe-3	Para a verificação será necessária uma estrutura complexa de dados aliada a algoritmos para realização das checagens. Um exemplo que se enquadra nesta classe é a verificação da distribuição de <i>sprinklers</i> , onde a checagem de sua cobertura será feita a partir de triangulações e mapeamento de áreas
Classe-4	Regras que sugerem soluções após a verificação. Para esta classe, além do aviso de não conformidade do modelo, a plataforma gera soluções para que o projetista possa aprovar

Fonte: Adaptado Solihin e Eastman (2015)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo deste capítulo serão abordados os resultados e discussões, visando analisar em todos os aspectos assim como destacar as lições aprendidas durante a implementação do *code checking*. Além disso, considerações serão levantadas a respeito de sua aplicação para outros casos.

Primeiramente, serão dispostas as tabelas dos requisitos da Norma de Acessibilidade, contendo suas respectivas classificações, definidas no Capítulo 3, envolvendo o processo de tradução de regras e apuração dos resultados finais, utilizando as classificações de Silva e Arantes (2016) e de Solihin e Eastman (2015). Em seguida, as considerações relacionadas ao preparo do modelo, bem como a proposta de configuração das *rulesets* e validação do modelo serão abordados, no intuito de se explicitar as regras de verificação do SMC empregadas para execução do *code checking*, aprofundando-se nas suas funcionalidades, bem como as justificativas que impossibilitaram a sua implementação.

5.1 CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS REQUISITOS DA NORMA DE ACESSIBILIDADE

Seguindo o procedimento explicitado por Eastman et al. (2009), o início desta pesquisa se focou na parametrização da Norma de Acessibilidade juntamente com a análise das *rulesets* disponíveis para elaboração inicial de uma lista de regras para implementação no SMC.

Após a interpretação da Norma de Acessibilidade, foi verificado que a quantidade de informação contida em um item é variado. Constatou-se que determinados itens contemplavam um conjunto de requisitos que demandaram decomposições para regras mais simplificadas enquanto que para outros, este procedimento não foi necessário. Vale ressaltar que esta decomposição também foi impactada pela capacidade de verificação das *rulesets* disponíveis, frente a regras de verificação mais simples ou mais abrangentes. Por exemplo, para a checagem de intervalos permitidos da face superior de uma bacia sanitária, foi necessário empregar 2 *rulesets*, uma checando o limite inferior deste intervalo e outra, o limite superior. Em contrapartida, a *ruleset* SOL / 208 é capaz de verificar diversas medidas ao redor da região da porta, não demandando empregar uma série de regras de verificação.

No Quadro 15 estão dispostas as classificações empregadas durante a fase de tradução de regras, bem como a sua respectiva classificação após sua implementação no SMC.

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continua)

Classificação Inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
7 Sanitários, banheiros e vestiários				
7.1 - Requisitos gerais				
<p>Parâmetros</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantidades mínimas necessárias • Localização • Dimensões dos boxes • Posicionamento • Características das peças, acessórios, barras de apoio, comandos • Características de pisos e desnível • Áreas mínimas de circulação • Áreas mínimas de transferência • Áreas mínimas de aproximação, alcance manual, empunhadreira e ângulo visual 	Requisito implícito em diversos itens	-	Classe 5	-
7.2 - Tolerâncias dimensionais				
Tolerância = ±10 mm das dimensões identificados como máximo e mínimo	Requisito implícito em diversos itens	-	Classe 4	-
7.3 - Localização				
<p>7.3.1 • Localizar-se em rotas acessíveis, próximas à circulação principal ou integradas às demais instalações sanitárias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar estar em locais isolados para situações de emergências ou auxílio • Sinalizados conforme seção 5 <p>7.3.2 - Recomenda-se que a distância máxima a ser percorrida de qualquer ponto da edificação até o sanitário ou banheiro acessível seja de até 50 m.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Requisito que não é proposição • Requisito que não é proposição • Requisito não verificável pelo SMC 	-	Classe 4	-
7.4 - Quantificação e características				
7.4.1 As instalações sanitárias acessíveis nas edificações e espaços de uso público e coletivo devem estar distribuídas nas proporções e especificidades construtivas estabelecidas nesta seção.	Requisito implícito no item 7.4.3	-	Classe 3	-
7.4.2 • Os sanitários, banheiros e vestiários acessíveis devem possuir entrada independente	Requisito Verificável pelo SMC	SOL / 231	Classe 5	Classe 2
• De modo a possibilitar que a pessoa com deficiência possa utilizar a instalação sanitária acompanhada de uma pessoa do sexo oposto.	Requisito que não é Proposição	-	-	-
7.4.2.1 - Recomenda-se, para locais de prática esportiva, terapêutica e demais usos (10.11 e 10.12), que os vestiários acessíveis excedentes sejam instalados nos banheiros coletivos, ou seja, que as peças acessíveis, como chuveiros, bacias sanitárias, lavatórios e bancos, estejam integrados aos demais.	Requisito não Obrigatório	-	-	-
7.4.2.2				
<ul style="list-style-type: none"> • Devem ser instalados dispositivos de sinalização de emergência em sanitários, banheiros e vestiários acessíveis • Atendendo ao disposto em 5.6.4.1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisito Verificável pelo SMC • Requisitos não Verificável pelo SMC 	SOL / 231	Classe 5	Classe 1
7.4.3 - O número mínimo de sanitários acessíveis está definido em 7.4.3.1 a 7.4.3.3 e as regras abaixo:				
Público				
a) A ser construída: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um, para cada sexo em cada pavimento, onde houver sanitários				
b) Existente: Um por pavimento, onde houver ou onde a legislação obrigar a ter sanitários				
Coletivo				
a) A ser construída: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um em cada pavimento acessível, onde houver sanitário				
b) A ser ampliada ou reformada: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um em cada pavimento acessível, onde houver sanitário				
c) Existente: uma instalação sanitária, onde houver sanitários				
Privado - áreas de uso comum				
a) A ser construída: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um, onde houver sanitários				
b) A ser ampliada ou reformada: 5% do total de cada peça sanitária, com no mínimo um por bloco				
c) Existente: um no mínimo				
	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo menos 1 bacia sanitária 	SOL / 231 SOL / 235	Classe 3	Classe 2

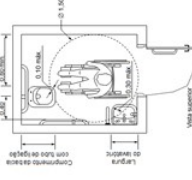
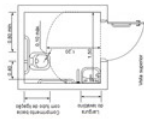
Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continuação)

7 Sanitários, banheiros e vestiários	Classificação inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
7.4.3.1 - Para espaços de uso público ou uso coletivo com unidades autônomas de comércio ou serviços, deve ser previsto	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
<ul style="list-style-type: none"> • mínimo um sanitário por pavimento, localizadas em áreas de uso comum • O excedente dos 5% do total de sanitários deverão ser divididos por sexo em cada pavimento 	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.4.3.2 - Para <i>shoppings</i> terminais de transporte, clubes esportivos, arenas verdes (ou estádio), locais de <i>shows</i> e eventos ou em outros edifícios de sua especificidade ou natureza, concentrem um grande número de pessoas, independentemente de atender à quantidade de 5% de peças sanitárias acessíveis: <ul style="list-style-type: none"> • Prever um sanitário acessível para cada sexo junto a cada conjunto de sanitários 	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.4.3.3 - Em edificações de uso coletivo a serem ampliadas ou reformadas, com até dois pavimentos e área construída de no máximo 150 m ² por pavimento: <ul style="list-style-type: none"> • Instalações sanitárias podem estar localizadas em um único pavimento 	Requisito não Obrigatório	-	-	-	-
7.4.4 - Recomenda-se que nos conjuntos de sanitários seja instalada: <ul style="list-style-type: none"> • Uma bacia infantil para uso de pessoas com baixa estatura e de crianças 	Requisito implícito no item 7.4.3	-	-	Classe 3	-
7.4.5 - Banheiros e vestiários devem ter <ul style="list-style-type: none"> • No mínimo 5% do total de cada peça instalada acessível • Mínimo uma de cada • Caso houver divisão por sexo: <ul style="list-style-type: none"> • Peças sanitárias devem ser consideradas separadamente para efeito de cálculo 	Requisito implícito no item 7.4.3	-	-	Classe 3	-
7.4.6 - Respeitar o número mínimo de peças explicitada no item 7.4.3	Requisito Parcialmente Verificável pelo SMC	Área livre de manobra, circunferência de diâmetro de 1,5 m	SOL / 209	Classe 5	Classe 3
7.5 - Dimensões do sanitário acessível e do boxe sanitário acessível					
a) Circulação com giro de 360°	Requisito Verificável pelo SMC	Área livre de manobra, circunferência de diâmetro de 1,5 m	SOL / 209	Classe 5	Classe 2
b) Área necessária que garanta <ul style="list-style-type: none"> • Transferência lateral para a bacia • Transferência perpendicular para a bacia • Transferência diagonal para a bacia 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisito Verificável pelo SMC • Requisito não Verificável pelo SMC • Requisito que não é Proposição 	<ul style="list-style-type: none"> • Área livre de 0,8m x 1,2 m ao lado da bacia 	SOL / 209	Classe 5	Classe 2
c) Área de manobra pode utilizar no máximo: <ul style="list-style-type: none"> • 0,10 m sob a bacia sanitária • 0,30 m sob o lavatório 	Requisito não verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
d) Deve ser instalado: <ul style="list-style-type: none"> • Lavatório sem coluna ou com coluna suspensa ou lavatório sobre o tampo dentro do sanitário ou boxe acessível, em local que não interfira na área de transferência para a bacia sanitária, permitindo que a área de aproximação seja sobreposta à área de manobra 	Requisito implícito no item 7.5 a) e e)	-	-	Classe 3	-
e) Dimensões exigidas: <ul style="list-style-type: none"> • Altura livre frontal na superfície inferior, garantindo pelo menos 0,3 m de altura livre • Altura da superfície superior do lavatório deve estar entre o intervalo de 0,78 m a 0,80 m • Exceto lavatório infantil 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisito Verificável pelo SMC • Requisito Verificável pelo SMC • Não se aplica ao Estudo de Caso 	<ul style="list-style-type: none"> • Altura livre de 0,3 m abaixo da coluna ou do lavatório • Altura superior entre 0,78 m e 0,8 m 	SOL / 222	Classe 3	Classe 2
f) Para portas de eixo vertical: <ul style="list-style-type: none"> • Abrir para o lado externo do sanitário ou boxe • Possuir um puxador horizontal no lado interno do ambiente, medindo no mínimo 0,40 m de comprimento, afastamento de no máximo 40 mm e diâmetro entre 25 mm e 35mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisito Verificável pelo SMC • Requisito não Verificável pelo SMC 	<ul style="list-style-type: none"> • Sentido de abertura da porta para fora do ambiente acessível 	SOL / 208	Classe 5	Classe 2
g) Em caso de instalação de portas de correr, deve-se atender às condições previstas na seção 6.11.2.4 e 6.11.2.11	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
h) Para travamento de portas, seguir para seção 4.6.8	Requisito não verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
i) Em caso de instalação de boxe em locais de prática de esportes, as portas devem atender a um vão livre de no mínimo 1,00 m	Requisito Verificável pelo SMC	<ul style="list-style-type: none"> • Largura da porta deve ser de pelo menos 1 m 	SOL / 236	Classe 3	Classe 1
j) Seguir diretrizes da seção 6.11.2.2 e 6.11.2.3	Requisito Verificável pelo SMC	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas livres ao redor da porta 	SOL / 208	Classe 5	Classe 2

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continuação)

7 Sanitários, banheiros e vestiários	Classificação inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
k) Garantir alcance manual para acionamento da válvula sanitários da torneira, das barras, puxadores e trincos e manuseio e uso dos acessórios, conforme seção 4.6 e 7.6	Requisito não verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
l) Alcance visual do espelho conforme 7.11.1	Requisito não verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
m) Recomenda-se <ul style="list-style-type: none"> • A instalação de ducha higiênica ao lado da bacia, dentro do alcance manual de uma pessoa sentada na bacia sanitária, dotada de registro de pressão para regulação da vazão 	Requisito não Obrigatório	-	-	-	-
n) Medidas mínimas de um sanitário acessível: 	Requisito implícito no item 7.5 a)	-	-	Classe 5	-
o) Em caso de haver mais de um sanitário acessível, recomenda-se que: <ul style="list-style-type: none"> • As bacias sanitárias, áreas de transferência e barras de apoio sejam posicionadas simetricamente opostas, contemplando todas as formas de transferência para a bacia 	Requisito não Obrigatório	-	-	-	-
p) Em caso de edificações existentes ou em reforma, quando não for possível atender às medidas mínimas do sanitário do item n, serão admitidas medidas mínimas: 	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
Os pisos dos sanitários ou boxes sanitários devem observar as seguintes características:					
a) Set antiderrapante	Requisito implícito no item 7.12.4	-	-	Classe 4	-
b) Não ter desníveis junto à entrada ou soleira	Requisito implícito no item 7.12.4	-	-	Classe 3	-
c) Ter grelhas e ralos posicionados fora das áreas de manobra e de transferência	Requisito implícito no item 7.12.4	-	-	Classe 3	-
7.6 - Barras de apoio					
Seguir especificações da seção 7.7.2.2	Requisito implícito no item 7.2.2	-	-	Classe 5	-
7.6.1 - Todas as barras de apoio utilizadas em sanitários e vestiários devem resistir a um esforço mínimo de 150 kg no sentido de utilização da barra, sem apresentar deformações permanentes ou fissuras, ter empunhadura conforme Seção 4 e estar firmemente fixadas a uma distância mínima de 40 mm entre sua base de suporte (parede, painel, entre outros), até a face interna da barra. Suas extremidades devem estar fixadas nas paredes ou ter desenvolvimento contínuo até o ponto de fixação com formato recurvado. Quando necessários, os suportes intermediários de fixação devem estar sob a área de empunhadura, garantindo a continuidade de deslocamento das mãos. O comprimento e a altura de fixação são determinados em função de sua utilização, conforme exemplos apresentados em 7.7.2.3 e 7.7.2.4.	Requisito não verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.6.2 - Quando executadas em material metálico, as barras de apoio e seus elementos de fixação e instalação devem ser condicionadas em material resistente à corrosão, conforme ABNT NBR 10283, e determinação da aderência do acabamento conforme ABNT NBR 11003.	Requisito Referenciado	-	-	-	-

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continuação)

7 Sanitários, banheiros e vestiários	Classificação Inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
7.6.3 - As dimensões mínimas das barras devem respeitar as aplicações definidas nesta Norma com seção transversal entre 30 mm e 45 mm, detalhadas no Anexo C. O comprimento e o modelo variam de acordo com as peças sanitárias às quais estão associados e são tratados na Seção 7.	Requisito não verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.6.4 - As barras podem ser fixas (nos formatos reta, em "U", em "L" ou articuladas, conforme detalhado no Anexo C da ABNT NBR 9050 As barras em "L" podem ser em uma única peça ou composta a partir do posicionamento de duas barras retas, desde que atendam ao dimensionamento mínimo dos trechos verticais e horizontais As barras articuladas devem possuir dispositivo que evite quedas repentinas ou movimentos abruptos.	Requisito não verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.7 - Bacia sanitária					
7.7.1 - Áreas de transferência lateral, perpendicular e diagonal	Requisito implícito no item 7.5 b)	-	-	Classe 5	-
7.7.2 - Instalação de bacias convencionais, com caixas acopladas ou suspensas e barras de apoio devem atender a ABNT NBR 15097-1 e ABNT NBR 15097-2.	Requisito Referenciado	-	-	-	-
7.7.2.1 - Altura da bacia <ul style="list-style-type: none"> • Não podem ter abertura frontal • Altura entre 0,43 m e 0,45 m do piso acabado, medidas a partir da borda superior sem o assento. • Com o assento, esta altura deve ser de no máximo 0,46 m para bacias de adulto • Com assento, a altura da borda superior deve estar a 0,36 m de altura para bacias infantis 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisito não Verificável pelo SMC • Requisito Verificável pelo SMC • Requisito Verificável pelo SMC • Não se aplica ao Estudo de Caso 	<ul style="list-style-type: none"> • Altura superior da bacia • Altura superior e inferior do assento 	SOL / 222	Classe 3	Classe 2
7.7.2.2 - Barras de apoio na bacia sanitária	Parcialmente verificável	• Verifica a existência de barras de apoio no modelo	SOL / 231	Classe 3	Classe 1
7.7.2.2.1 - Junto à bacia sanitária, quando houver parede lateral, devem ser instaladas barras para apoio e transferência. Uma barra reta horizontal com comprimento mínimo de 0,80 m, posicionada horizontalmente, a 0,75 m de altura do piso acabado (medidos pelos eixos de fixação) a uma distância de 0,40 m entre o eixo da bacia e a face da barra e deve estar posicionada a uma distância de 0,50 m da borda frontal da bacia. Também deve ser instalada uma barra reta com comprimento mínimo de 0,70 m, posicionada verticalmente, a 0,10 m acima da barra horizontal e 0,30 m da borda frontal da bacia sanitária	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.7.2.2.2 - Junto à bacia sanitária, na parede do fundo, deve ser instalada uma barra reta com comprimento mínimo de 0,80 m, posicionada horizontalmente, a 0,75 m de altura do piso acabado (medido pelos eixos de fixação), com uma distância máxima de 0,11 m da sua face externa à parede e estendendo-se 0,30 m além do eixo da bacia em direção à parede lateral	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.7.2.2.3 - Para bacias sanitárias com caixa acoplada, que possuam altura que não permita a instalação da barra descrita em 7.7.2.2.2, esta pode ser instalada a uma altura de até 0,89 m do piso acabado (medido pelos eixos de fixação), devendo ter uma distância máxima de 0,11 m da sua face externa à parede, distância mínima de 0,04 m da superfície superior da tampa da caixa acoplada e 0,30 m além do eixo da bacia em direção à parede lateral. A barra reta na parede do fundo pode ser substituída por uma barra lateral articulada, desde que a extremidade da barra esteja a no mínimo 0,10 m da borda frontal da bacia	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.7.2.2.4 - Na impossibilidade de instalação de barras nas paredes laterais, são admitidas barras laterais fixas (com fixação na parede de fundo) ou articuladas (dar preferência pela barra lateral fixa), desde que sejam observados os parâmetros de segurança e dimensionamento estabelecidos conforme 7.6, e que estas e seus apoios não interfiram na área de giro e transferência. A distância entre esta barra e o eixo da bacia deve ser de 0,40 m, sendo que sua extremidade deve estar a uma distância mínima de 0,20 m da borda frontal da bacia	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.7.2.2.5 - As bacias infantis devem seguir as mesmas disposições de barras e dimensões constantes	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.7.2.3 Bacias sanitárias com parede lateral					
7.7.2.3.1 - Bacia convencional com barras de apoio ao fundo e a 90° na parede lateral	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.7.2.3.2 - Bacia suspensa com barras de apoio ao fundo e a 90° na parede lateral	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.7.2.3.3 - Bacia com caixa acoplada com barras de apoio ao fundo e a 90° na parede lateral	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continuação)

Classificação inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
7.7.2.4 - Bacias sanitárias sem parede lateral				
7.7.2.4.1 - Bacia convencional ou suspensa com barra de apoio reta e barra lateral fixa	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	Classe 4	-
7.7.2.4.2 - Bacia com caixa acoplada com barras de apoio reta e lateral fixa	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	Classe 4	-
7.7.2.4.3 - Bacia com caixa acoplada com barras lateral articulada e fixa	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	Classe 4	-
7.7.3 - Acionamento da válvula de descarga				
7.7.3.1 - Válvula de parede				
O acionamento da válvula de descarga deve estar a uma altura máxima de 1,00 m e ser preferencialmente acionado por sensores eletrônicos ou dispositivos equivalentes. A força de acionamento deve ser inferior a 23 N. Admite-se outra localização para o acionamento com alcance manual, conforme Seção 4. Na impossibilidade de uso de válvula de descarga, recomenda-se que seja colocada caixa de descarga embutida. Para estas caixas aplicam-se os mesmos requisitos de força e altura de acionamento.	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	Classe 4	-
7.7.3.2 - Mecanismo de acionamento de descarga em caixa acoplada				
O mecanismo de acionamento de descarga em caixa acoplada deve estar localizado dentro do alcance manual de pessoas em cadeira de rodas	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	Classe 4	-
O mecanismo de acionamento de descarga em caixa acoplada pode ser por alavanca, sensores eletrônicos ou dispositivos equivalentes				
7.8 - Instalação de lavatório e barras de apoio				
Os lavatórios, suas fixações e ancoragens devem atender no mínimo aos esforços previstos nas ABNT NBR 15097-1 e ABNT NBR 15097-2.				
Sua instalação deve possibilitar a área de aproximação de uma pessoa em cadeira de rodas, quando se tratar do sanitário acessível, e garantir a aproximação frontal de uma pessoa em pé, quando se tratar de um sanitário qualquer	Requisito Referenciado	-	-	-
7.8.1 - As barras de apoio dos lavatórios podem ser horizontais e verticais. Quando instaladas, devem ter uma barra de cada lado e garantir as seguintes condições:				
a) Ter um espaçamento entre a barra e a parede ou de qualquer outro objeto de no mínimo 0,04 m, para ser utilizada com conforto				
b) Ser instaladas até no máximo 0,20 m, medido da borda frontal do lavatório até o eixo da barra para permitir o alcance				
c) Garantir o alcance manual da torneira de no máximo 0,50 m, medido da borda frontal do lavatório até o eixo da torneira				
d) As barras horizontais devem ser instaladas a uma altura de 0,78 m a 0,80 m, medido a partir do piso acabado até a face superior da barra, acompanhando a altura do lavatório				
e) As barras verticais devem ser instaladas a uma altura de 0,90 m do piso e com comprimento mínimo de 0,40 m, garantindo a condição da alínea a)				
f) Ter uma distância máxima de 0,50 m do eixo do lavatório ou cuba até o eixo da barra vertical instalada na parede lateral ou na parede de fundo para garantir o alcance				
7.8.2 - Os lavatórios devem ser equipados com torneiras acionadas por alavancas, com esforço máximo de 23 N, torneiras com sensores eletrônicos ou dispositivos equivalentes. Quando utilizada torneira com ciclo automático, recomenda-se com o tempo de fechamento de 10 s a 20 s, atendendo a todos os requisitos da ABNT NBR 13713.				
Quando houver água quente, é obrigatório garantir solução que evite o contato do usuário com o sifão ou a tubulação. É recomendado o uso de válvula termostática alimentando a torneira. Opcionalmente, a válvula termostática pode ser substituída por misturadores monocomando ou duplo comando, ou aparelho único que integre as funções de misturador e torneira automática, desde que dotados de alavanca				
Requisito Referenciado				
	• Espaçamento mínimo de 0,04 m	SOL / 222	Classe 5	Classe 2

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continuação)

7 sanitários, banheiros e vestiários	Classificação inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
<p>7.9 - Sanitários e banheiros com trocador para criança e adulto – Sanitário familiar Em edifícios de uso público ou coletivo, dependendo da sua especificidade ou natureza do seu uso, recomenda-se ter sanitários ou banheiros familiar com entrada independente, providos de boxes com bacias sanitárias para adulto (7.7.2.1) e outro com bacia infantil, além de boxe com superfície para troca de roupas na posição deitada, com dimensões mínimas de 0,70 m de largura por 1,80 m de comprimento e 0,46 m de altura, devendo suportar no mínimo 150 kg, e providos de barras de apoio, conforme 7.14.1.</p> <p>7.10 - Sanitário coletivo O sanitário coletivo é de uso de pessoas com mobilidade reduzida e para qualquer pessoa. Para tanto, os boxes devem atender às condições do boxe comum (7.10.1), sendo um deles com a instalação de bacia infantil para uso de pessoas com baixa estatura e crianças. Recomenda-se a instalação de um boxe com barras de apoio (7.10.2) para uso de pessoas com mobilidade reduzida O sanitário coletivo pode ter um boxe acessível, conforme seção 7.4.3, para uso preferencial de pessoas em cadeira de rodas, além do com entrada independente. Para tanto, deve garantir área de circulação, manobra e aproximação para o uso das peças sanitárias, conforme Seção 4</p> <p>7.10.1 - Boxes comuns Nos boxes comuns, as portas devem ter vão livre mínimo de 0,80 m e conter uma área livre com no mínimo 0,60 m de diâmetro. Nas edificações existentes, admite-se porta com vão livre de no mínimo 0,60 m. Recomenda-se que as portas abram para fora, para facilitar o socorro à pessoa, se necessário.</p> <p>7.10.2 - Boxes com barras de apoio Nos sanitários e vestiários de uso coletivo, recomenda-se pelo menos um boxe com barras de apoio em forma de “L”, de 0,70 m por 0,70 m, ou duas barras retas de 0,70 m no mínimo e com o mesmo posicionamento, para uso de pessoas com redução de mobilidade, flexibilidade, coordenação motora e percepção. Este boxe com barra de apoio não substitui o boxe sanitário acessível disposto em 7.5</p> <p>7.10.3 - Lavatórios em sanitários coletivos Os tampos para lavatórios devem garantir no mínimo uma cuba com superfície superior entre 0,78 m e 0,80 m, e livre inferior de 0,73 m. Deve ser dotado de barras posicionadas conforme 7.8.1. Quando se tratar de bancada com vários lavatórios, as barras de apoio devem estar posicionadas nas extremidades do conjunto, podendo ser em apenas uma das extremidades</p> <p>7.10.4 - Mictório Quando houver pelo menos um mictório em cada sanitário, ele deve atender ao disposto em 7.10.4.1 a 7.10.4.3</p> <p>7.10.4.1 - Deve ser prevista área de aproximação frontal para P.M.R. 7.10.4.2 - Deve ser equipado com válvula de mictório instalada a uma altura de até 1,00 m do piso acabado, preferencialmente por sensor eletrônico ou dispositivos equivalentes ou de fechamento automático, com esforço máximo de 23 N e atendendo a todos os requisitos da ABNT NBR 13713. Quando utilizado o sensor de presença fica dispensada a restrição de altura de instalação 7.10.4.3 - Deve ser dotado de barras de apoio segundo disposições da imagem</p>	<p>Classificação inicial</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p>	<p>Fórmula de verificação</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p>	<p>Ruleset utilizada</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>Classificação Silva e Arantes</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>Classificação Solihin & Eastman</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>
	<p>Não se aplica ao Estudo de Caso</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

7 Sanitários, banheiros e vestiários	Classificação inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Avantes	Classificação Solihin & Eastman
7.110.4.4 - Recomenda-se que os mictórios para P.M.R. e P.C.R. sejam instalados o mais próximo possível da entrada dos sanitários	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.11 - Acessórios para sanitários acessíveis e coletivos					
Os acessórios para sanitários, como porta-objeto, cabides, saboneteiras e toalheiros, devem ter sua área de utilização dentro da faixa de alcance acessível estabelecida na Seção 4.	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
7.11.1 - Espelhos A altura de instalação e fixação de espelho deve atender à imagem. Os espelhos podem ser instalados em paredes sem plás. Podem ter dimensões maiores, sendo recomendável que sejam instalados entre 0,50 m até 1,80 m em relação ao piso acabado	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
7.11.2 - Papeleiras As papeleiras embutidas devem atender à imagem. No caso de papeleiras de sobrepor que por suas dimensões devem ser alinhadas com a borda frontal da bacia, o acesso ao papel deve ser livre e de fácil alcance. Não podem ser instaladas abaixo de 1,00 m de altura do piso acabado, para não atrapalhar o acesso à barra. Nos casos de bacias sanitárias sem parede ao lado, demonstrados em 7.7.2.4, a barra de apoio deve ter um dispositivo para colocar o papel higiênico.	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
7.11.3 - Cabide Deve ser instalado cabide junto a lavatórios, boxes de chuveiro, banhos de vestiários, trocadores e boxes de bacia sanitária, a uma altura entre 0,80 m a 1,20 m do piso acabado.	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
7.11.4 - Porta-objetos Deve ser instalado um porta-objetos junto ao lavatório, ao mictório e à bacia sanitária, a uma altura entre 0,80 m e 1,20 m, com profundidade máxima de 0,25 m, em local que não interfira nas áreas de transferência e manobra e na utilização das barras de apoio.	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
7.11.4.1 - Recomenda-se que o porta-objetos não seja instalado atrás de portas.	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
7.11.4.2 - O porta-objeto não pode ter cantos agudos e superfícies contantes ou abrasivas.	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
7.11.5 - Puxador horizontal As portas de sanitários e vestiários, conforme especificado em 6.11.2.7, devem ter, no lado oposto ao da abertura da porta, puxador horizontal associado à maçaneta.	Não Consta no Modelo	-	-	-	-

(continuação)

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continuação)

7 Sanitários, banheiros e vestiários	Classificação inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
7.12 – Banheiros acessíveis e vestiários com banheiro conjugados					
7.12.1 – Boxe para chuveiro e ducha					
Banheiros acessíveis e vestiários com banheiros conjugados devem prever área de manobra para rotação de 360° para circulação de pessoa em cadeira de rodas	Requisito implícito no item 7.5 a)	-	-	Classe 5	-
7.12.1.1 – Área de transferência					
Para boxes de chuveiros, deve ser prevista área de transferência externa ao boxe, de forma a permitir a aproximação e entrada de rodas, cadeiras de banho ou similar. Quando houver porta no boxe, esta deve ter vão com largura livre mínima de 0,90 m e ser confeccionada em material resistente a impacto. Recomenda-se o uso de cortina ou porta de correr, desde que sem trilho no piso. A área de varredura da porta não pode interferir na área de transferência da cadeira de rodas para o banco. Os boxes devem ser providos de banco articulado ou removível, com cantos arredondados e superfície antiderrapante impermeável, ter profundidade mínima de 0,45 m, altura de 0,46 m do piso acabado e comprimento mínimo de 0,70 m, instalados no eixo entre as barras. O banco e os dispositivos de fixação devem suportar um esforço de 150 kg	Requisito implícito no item 7.5 a)	-	-	Classe 5	-
7.12.1.2 – Dimensões mínimas dos boxes de chuveiros					
As dimensões mínimas dos boxes de chuveiros devem ser de 0,90 m x 0,95 m.	Requisito Verificável pelo SMC	• Largura de pelo menos 0,9 m e comprimento de pelo menos 0,95 m	SOL / 230	Classe 5	Classe 3
7.12.2 – Comandos					
Nos chuveiros recomenda-se o uso de equipamentos com válvula termostática, que evita o risco de queimaduras ou o uso de monocomandos. Quando do emprego de registros de pressão para a mistura das águas quente e fria, estes devem ser acionados por alavanca com curso de no máximo 1/2 volta e ser instalados. O chuveiro deve ser equipado com desviador para ducha manual, e o controle de fluxo (ducha/chuveiro) deve ser na ducha manual. A função chuveiro pode ser exercida por ducha manual, fixada em barra deslizante, permitindo regulagens de alturas apropriadas às diversas necessidades dos usuários.	Requisito não Verificável pelo SMC	-	-	Classe 4	-
7.12.3 – Barras de apoio em boxes para chuveiros					
Os boxes para chuveiros devem ser providos de barras de apoio de 90° na parede lateral ao banco, e na parede de fixação do banco deve ser instalada uma barra vertical	Requisito Parcialmente Verificável pelo SMC	• Verifica a existência de barras de apoio no modelo	SOL / 231	Classe 3	Classe 1
7.12.4 – Desnível do piso do boxe do chuveiro e vestiários					
Os pisos dos boxes de chuveiro e vestiários devem observar as seguintes características:	Requisitos não Verificáveis pelo SMC	-	-	Classe 4	-
a) ser antiderrapantes	Requisito Verificável pelo SMC e não Obrigatório	• Diferença de nível entre pisos adjacentes deve ser zero	SOL / 236	Classe 5	Classe 2
b) estar em nível com o piso adjacente, uma vez que cadeiras de banho se utilizaram destes, é recomendada uma inclinação de até 2 % para escoamento das águas do chuveiro para o ralo	Requisito Verificável pelo SMC	• Área livre de 0,8m x 1,2 m ao lado da bacia e de manobra com diâmetro de 1,5 m	SOL / 209	Classe 5	Classe 3
c) grelhas e ralos devem ser posicionados fora das áreas de manobra e de transferência é recomendado o uso de grelhas lineares junto à parede oposta à área de acesso.					
7.13 – Banheira					
7.13.1 – Deve ser prevista área de transferência lateral para plataforma fixa ou móvel, de forma a permitir aproximação paralela à banheira.	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.13.2 – A transferência pode ser feita das seguintes formas					
a) plataformas fixas niveladas	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
b) plataforma móvel	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.13.2.1 – A altura da banheira deve ser de no máximo 0,46 m do piso acabado.					
7.13.2.2 – Nas banheiras recomenda-se o uso de equipamentos com válvula termostática, que evita o risco de queimaduras, ou o uso de monocomandos. Quando empregados registros de pressão para a mistura de águas quente e fria, estes devem ser acionados por alavancas, com curso de 1/2 volta.	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(continuação)

7 Sanitários, banheiros e vestiários	Classificação Inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
7.13.2.3 - O acionamento do comando deve estar a uma altura de 0,80 m do piso acabado. Recomenda-se que os acionamentos estejam posicionados na parede lateral à banheira, oposta à plataforma.	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.13.2.4 - A banheira deve ser provida de duas barras de apoio horizontais na parede frontal e uma vertical na parede lateral, do mesmo lado da plataforma	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.13.2.5 - A plataforma para transferência, bem como o fundo da banheira, devem ter superfície antiderrapante, e não podem ser excessivamente abrasivos	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.13.2.6 - A existência da banheira acessível não elimina a necessidade do boxe acessível para chuveiro	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
<p>7.14 – Vestiários</p> <p>Os vestiários em cabinas individuais acessíveis com uma superfície para troca de roupas na posição deitada devem atender às dimensões dispostas na imagem. A área de transferência deve ser garantida, podendo as áreas de circulação e manobra estar externas às cabinas.</p>	Requisito Parcialmente Verificável pelo SMC	<ul style="list-style-type: none"> • Altura da superfície de troca de roupa • Área livre que comporte um módulo de referência de 0,8 m x 1,2 m 	SOL / 209 SOL / 222	Classe 5	Classe 3
7.14.1.1 - As cabinas individuais devem ser providas de duas barras de apoio horizontais, na parede frontal e na parede lateral oposta à porta. O espelho e o cabide devem ser instalados conforme 7.14.	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
7.14.1.2 A porta da cabina deve atender ao descrito em 6.11.2.7, tendo sentido de abertura para o lado externo.	Requisito Implícito no item 7.5 f)	-	-	Classe 5	-
7.14.2 - Bancos Os bancos devem ser providos de encosto, ter profundidade mínima de 0,45 m, largura mínima de 0,70 m e ser instalados a uma altura de 0,46 m do piso acabado. Os bancos devem estar dispostos de forma a garantir as áreas de manobra, transferência e circulação, conforme Seção 4. Recomenda-se espaço inferior ao banco de 0,30 m, livre de qualquer saliência ou obstáculo, para permitir eventual área de manobra	Requisito Parcialmente Verificável pelo SMC	<ul style="list-style-type: none"> • Altura do banco • Dimensões do banco 	SOL / 222 SOL / 230	Classe 5	Classe 2

Quadro 15 – Parametrização e Classificação da Seção 7 da Norma ABNT 9050

(conclusão)

7 Sanitários, banheiros e vestiários	Classificação inicial	Fórmula de verificação	Ruleset utilizada	Classificação Silva e Arantes	Classificação Solihin & Eastman
<p>7.14.3 - Armários</p> <p>A altura de utilização de armários deve estar entre 0,40 m e 1,20 m do piso acabado. A altura de fixação dos puxadores e fechaduras deve estar em uma faixa entre 0,80 m e 1,20 m. As prateleiras devem ter profundidade máxima que atenda aos parâmetros estabelecidos em 4.6.</p> <p>A projeção de abertura das portas dos armários não pode interferir na área de circulação mínima de 0,90 m e as prateleiras, gavetas e cabides devem possuir profundidade e altura que atendam às faixas de alcance manual e visual, conforme Seção 4.</p>	Não se aplica ao Estudo de Caso	-	-	-	-
<p>7.14.4 - Espelhos</p> <p>Os espelhos devem ser instalados conforme 7.11.1.</p>	Não Consta no Modelo	-	-	-	-
<p>7.14.5 - Cabides e porta-objetos</p> <p>Os cabides e porta-objetos devem ser instalados a uma altura entre 0,80 m a 1,20 m do piso acabado. Os porta-objetos devem ter profundidade máxima de 0,25 m. Não pode haver elementos com super-fices cortantes ou abrasivas.</p>	Não Consta no Modelo	-	-	-	-

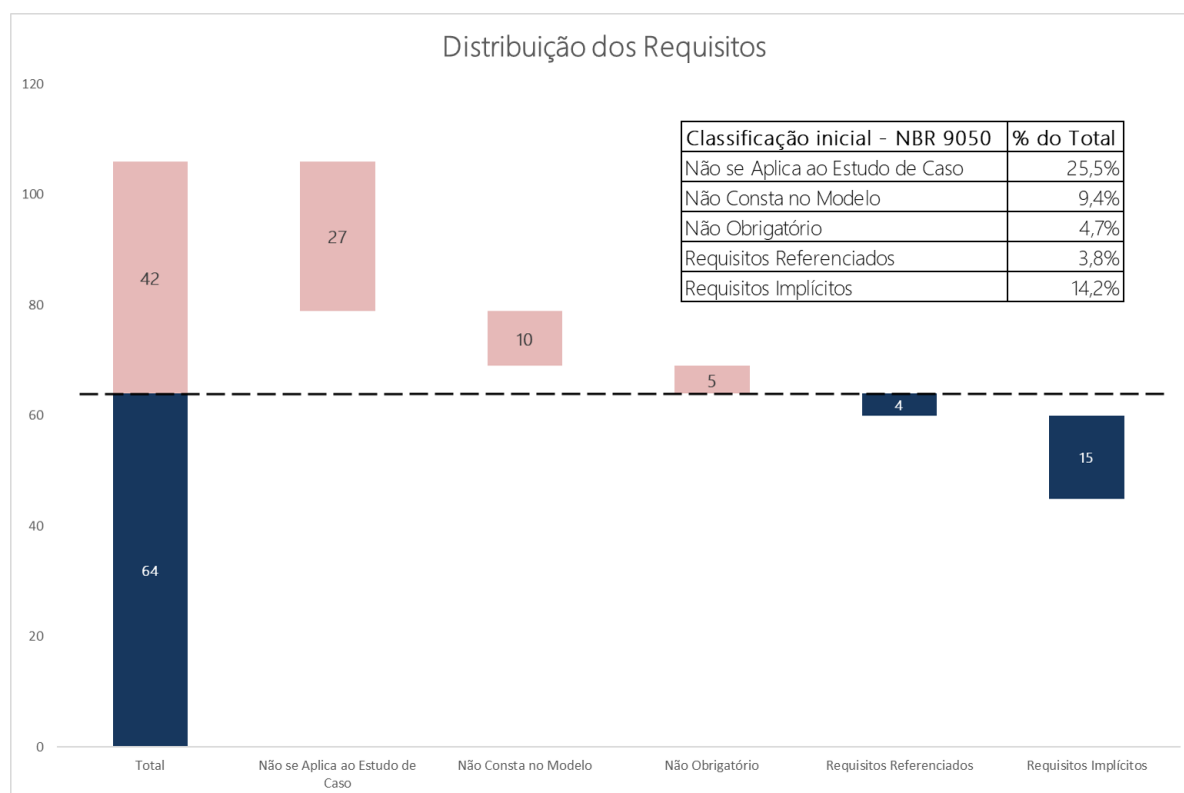
Fonte: Produção do próprio autor (2019).

As classificações empregadas acima está seguindo as seguintes premissas:

- Classificação inicial baseada na interpretação da Norma de Acessibilidade e estudo das *rulesets* disponibilizadas pelo SMC, empregando-se a proposta explicitada no capítulo 3
- Classificação de Silva e Arantes (2016) aplicada à todos os requisitos, pois ela as categoriza de acordo com a possibilidade ou não de ser automatizada
- Classificação de Solihin e Eastman (2015) empregada sobre as regras de verificação implementadas para mensurar a capacidade de verificação das *rulesets*
- Apuração dos resultados pautado nos requisitos em que se aplicavam às unidades de análise e que de fato impactam no processo de aprovação de projetos
- A versatilidade no processo de preparo do modelo, bem como configuração das regras de verificação permitem que hajam outras formas de implementação do *code checking*.

O procedimento explicitado no capítulo 3 tem início com a tradução dos requisitos da seção 7 da Norma de Acessibilidade, parametrizados e categorizados de acordo com as classes propostas nas seção 3.3.1. Na Figura 16 está disposto o resumo dos resultados desta classificação inicial dos requisitos da seção 7 da Norma de Acessibilidade, seguindo as premissas desta pesquisa.

Figura 16 – Resultados da Classificação Inicial da Seção 7 da NBR 9050



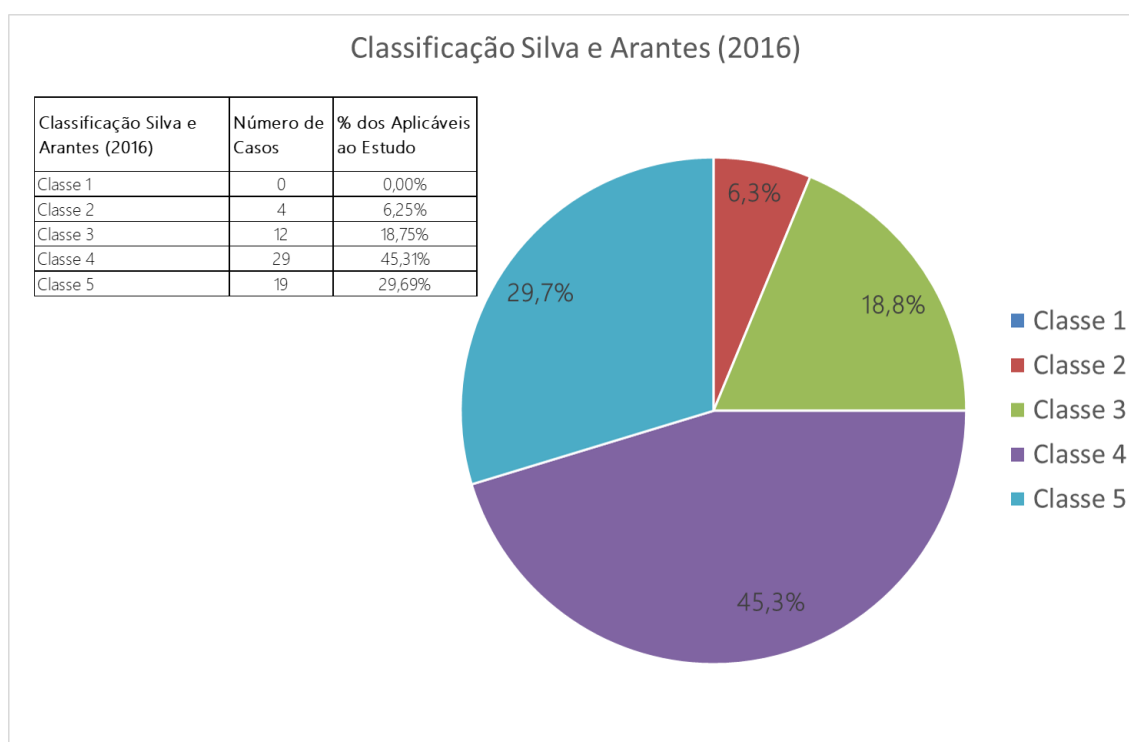
Fonte: Produção do próprio autor (2019).

No gráfico cascata ilustrado na Figura 16 observa-se que de um total de 106 itens da Norma de Acessibilidade, houve 27 em que não se aplicavam para os empreendimentos deste estudo, representando 25.5% do total. Além destes, 10 itens (9.4%) tratam de elementos que não constavam em projeto e que portanto não foram inseridos no modelo, que contemplavam os acessórios dos banheiros. Além disso, 5 itens (4.7%) são recomendações, não se configurando como requisitos, somando 42 casos (39.6%) em que o processo de automação não foi implementada por motivos não relacionados as limitações do SMC ou então que não impactam no processo de aprovação de projetos, destacados em vermelho no gráfico.

Da parte inferior à linha tracejada, estão as quantidades referentes aos itens avaliados no processo de implementação do *code checking*, contemplando os requisitos referenciados (3.8% dos casos). Para as regras implícitas (14.2% dos casos) foi observado que todos estavam associadas à regras aplicáveis para esta pesquisa.

Após implementação e validação das regras de verificação, pôde-se definitivamente atribuir as classificações de Silva e Arantes (2016) aos requisitos da Norma, com o intuito de analisá-los frente ao processo de implementação do *code checking*. Os resultados obtidos desta classificação estão ilustrados na Figura 17.

Figura 17 – Resultados da Classificação Inicial de Silva e Arantes (2016)



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Observou-se que dos 64 requisitos considerados para apuração de resultados no processo de implementação do *code checking*, houve 4 casos (6.25%) enquadrados na Classe 2, que remetem aos requisitos referenciados. Com relação aos requisitos verificáveis pelo SMC, observou-se 12 casos, representando 18.75%. Compondo a maior parcela, a Classe 4 que representa os requisitos

não verificáveis englobam 29 casos (45.31%). Por fim, a Classe 5, atribuído aos requisitos parcialmente verificáveis somam 19 casos (29.69%).

Constatou-se que não houve requisitos da Classe 1, caracterizados pela presença de subjetividade. Entretanto, isso não indica sua ausência para esta seção da Norma de Acessibilidade. Para esta categoria, foi observado que as regras subjetivas estavam todas incorporadas nos itens que possuem também requisitos objetivos, não havendo portanto, itens completamente subjetivos.

Partindo para a análise das *rulesets* empregadas para esta pesquisa, a Tabela 5 dispõem os resultados da classificação de Solihin e Eastman (2015). Os requisitos implícitos não foram consideradas nesta análise, pois uma regra de verificação que executa uma mesma checagem poderia ser contabilizada múltiplas vezes, distorcendo os resultados finais desta análise. Sua contabilização é adequada em análises voltadas para os requisitos, pois o número total dos itens da Norma de Acessibilidade é utilizado como referência.

Tabela 5 – Resultado da Classificação de Solihin e Eastman (2015)

Classificação Solihin e Eastman (2015)	Número de tens
Classe 1	4
Classe 2	10
Classe 3	4
Classe 4	0

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Vale ressaltar que houve casos em que foram utilizadas mais que uma *ruleset* para checagem do requisito. Para estes itens, a atribuição da classificação de Solihin e Eastman (2015) considerou a regra de verificação mais complexa, pois esta classificação tem como intuito mensurar a capacidade de verificação do SMC. O mesmo critério foi aplicado aos requisitos parcialmente verificáveis, atribuindo-se a classificação para a *ruleset* empregada para estes casos.

Observou-se que houve 4 requisitos atribuídos na Classe 1, categorizando *rulesets* que utilizam valores que podem ser consultados diretamente do modelo parametrizado. A Classe 2 contou com 10 casos, os quais se caracterizam por utilizar valores que necessitam ser derivados do modelo. Por último, somaram-se 4 itens enquadrados na Classe 3, os quais o SMC utiliza de algoritmos mais complexos para realizar a checagem.

Para este estudo, o SMC não ofereceu regras de verificação que sugerem soluções após a execução das *rulesets*. Portanto, nenhum caso foi atribuído à Classe 4.

Aprofundando a análise desta última classificação, o Quadro 16 dispõe a distribuição dos requisitos, aplicando-se as duas classificações em paralelo.

Quadro 16 – Resultado das Classificações Solihin e Eastman (2015) e Silva e Arantes (2016)

Silva e Arantes (2016)	Solihin et Eastman (2015)			Total
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	
Classe 3	3	3	0	6
Classe 5	1	7	4	12
Total	4	10	4	18

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Considerando a combinação das duas classificações sobre os requisitos da Norma, constatou-se que dos 6 itens completamente verificáveis (Classe 3 de Silva e Arantes, 2016), metade (3 itens) se enquadram no grau de complexidade da Classe 1 de Solihin e Eastman (2015) e outra metade na Classe 2, mostrando que os requisitos verificáveis compreendem checagens com menor complexidade.

Para os requisitos parcialmente verificáveis (Classe 5 de Silva e Arantes, 2016), 1 requisito foi atribuído na categoria de menor complexidade, 7 foram atribuídos a categoria de complexidade média e 4 caracterizadas pelas regras de verificação com maior complexidade para sua execução. Observou-se que foram empregados um maior número de *rulesets* de maior complexidade, entretanto, ainda necessitando de intervenções humanas no processo de verificação.

5.2 PREPARO DO MODELO E PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DAS REGRAS NO SMC

Primeiramente, vale ressaltar que o processo de implementação da verificação automática de regras se baseia em combinações de padrões de parametrização do modelo e de *rulesets* disponibilizadas pela plataforma. Eventualmente, poderão existir formas alternativas de se realizar a mesma verificação por meio de configurações diferentes. Com isso, a análise deste processo se enquadra apenas a este estudo de caso.

Ao longo do processo de adequação da Norma com as regras de verificação do Solibri Model Checker, a pesquisa se deparou com determinadas ocasiões em que foi possível realizar a parametrização de um requisito, mas a plataforma não ofereceu uma *ruleset* que pudesse checar os critérios avaliados. Em outros casos, determinados critérios dependiam de informações derivadas do modelo os quais não foram transmitidas através do IFC. Ao longo desta seção, serão expostas as dificuldades impostas no processo de modelagem que influenciam nas limitações para verificação automática.

5.2.1 Parametrização do modelo

Uma informação fundamental para verificação automática de regras é a de identificação. Observou-se que para a aplicação das regras contidas no *Solibri*, os elementos poderiam ser identificados por meio de nomes ou através de suas propriedades importadas do modelo nativo.

Tendo como objetivo minimizar o impacto durante o processo de modelagem, a parametrização desta pesquisa visou alternativas que solicitam o menor esforço, mas de forma que permita a execução das *rulesets*.

Esta seção tratará de análises voltadas às informações contidas nos modelos, destacando detalhes de sua disposição e como contribuem para as etapas seguintes de verificação.

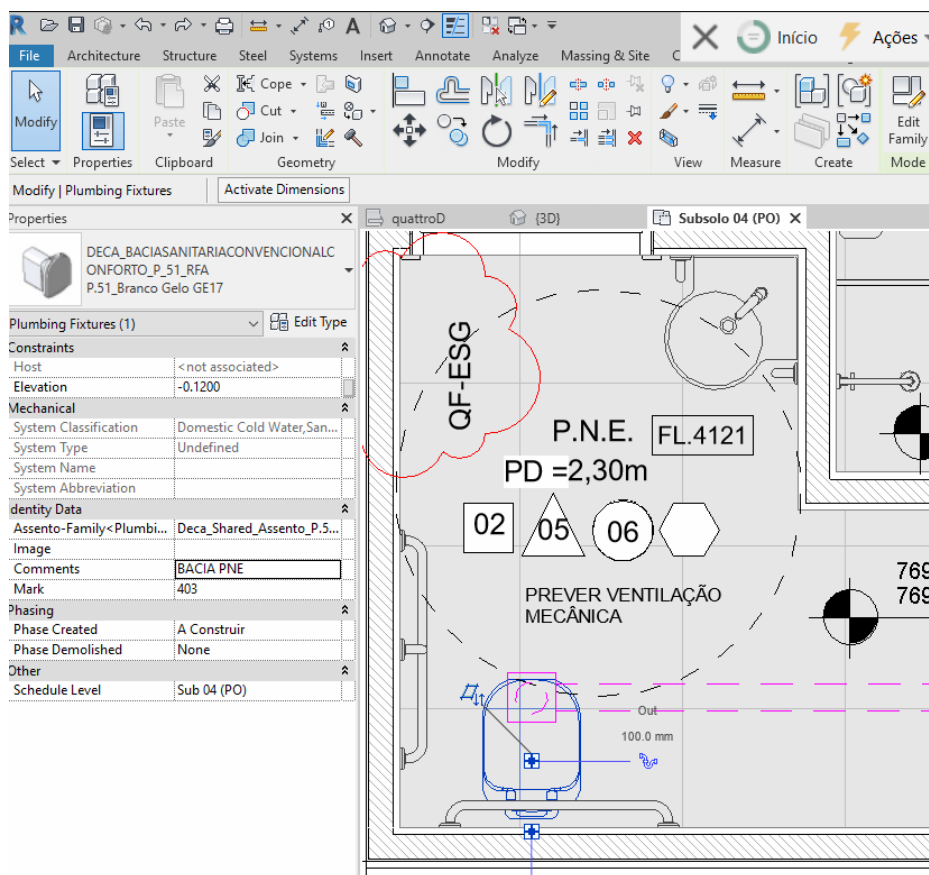
Ambas as unidades de análise foram construídas no Revit. Após um levantamento de parâmetros necessários para execução de *rulesets*, foi observado que os modelos além de possuir os elementos que formam a edificação, os ambientes que foram utilizados para classificação dos espaços no SMC também estavam criados.

Entretanto, levando-se em conta que determinados requisitos da Norma necessitam identificar os elementos que compõem os ambientes acessíveis do estudo, houve a necessidade de se atribuir algum tipo de identificação para que a regra pudesse diferenciar os elementos envolvidos na regra. Por exemplo, para que o SMC calculasse a proporção de 5% de sanitários acessíveis em relação ao número total de bacias sanitárias, algum tipo de identificador seria necessário para execução deste cálculo. A fim de favorecer este processo, o Quadro 17 apresenta os identificadores empregados neste modelo, inseridos dentro do parâmetro *Commentary* (Comentário), localizado dentro da janela *Properties* (Propriedades) ilustrado na Figura 18. Ao se selecionar o objeto no modelo, esta aba é habilitada, permitindo a inserção da informação neste elemento, como apresentado na mesma figura, onde a bacia sanitária foi selecionada e dentro da caixa de texto ao lado do parâmetro "Comments" está inserido o identificador "BACIA PNE".

Quadro 17 – Identificadores Inseridos no Modelo Revit

Caso 1 - Empreendimento Residencial	
Descrição do Elemento do Ambiente Acessível	Parâmetro inserido em "Comments"
Bacia Sanitária	BACIA PNE
Assento da Bacia Sanitária	ASSENTO PNE
Lavatório	LAVATÓRIO PNE
Coluna de Pia	COLUNA PNE
Bancada para Lavatório	BANCADA PNE
Banco para banho	BANCO PNE
Barra de Apoio	BARRA PNE
Superfície para Troca	TROCA PNE
Portas	PORTA PNE

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Figura 18 – Localização do Parâmetro *Comments* no Revit

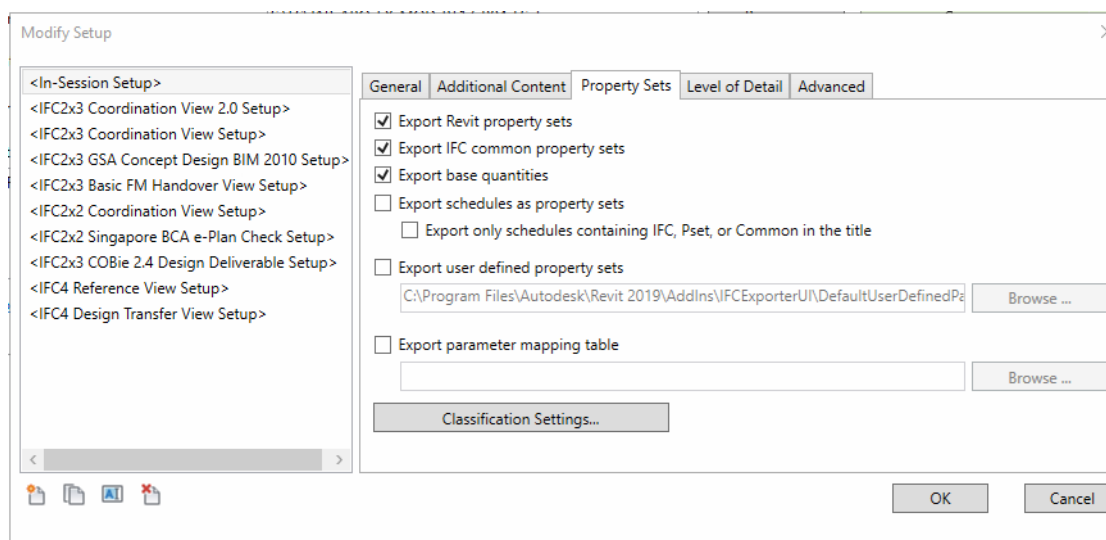
Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Das unidades de estudo, observou-se que no caso do empreendimento residencial possuía elementos de banheiros acessíveis identificados através do parâmetro "Comments", o que contribuiu para verificação de disposições de bacias sanitárias, assentos, lavatórios, cubas, portas, pias, colunas de pias, bancos, superfícies para troca em vestiários e barras de apoio.

Por outro lado, o segundo caso não possuía nenhum tipo de identificador para os elementos utilizados, mostrando que os modelos utilizados no mercado da construção podem não possuir tal parâmetro de forma a facilitar a verificação automática. Para o estudo de caso, a parametrização empregada no primeiro caso foi adotada para o segundo, no intuito de observar os comportamentos da ferramenta para ambas as unidades de análise.

Durante o processo de exportação e importação dos modelos, observou-se que dependendo da configuração definida para exportação do formato .rvt (Revit) para .ifc (modelo aberto e interoperável), determinadas informações não eram transferidas durante a conversão. Para que o parâmetro "Comments" fosse transmitido via IFC, as configurações de exportação devem incluir as "Property sets" (Conjunto de propriedades), conforme ilustrada na Figura 19, onde o item "Export Revit property sets" está selecionado.

Figura 19 – Configuração para Exportação do Modelo no Revit



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

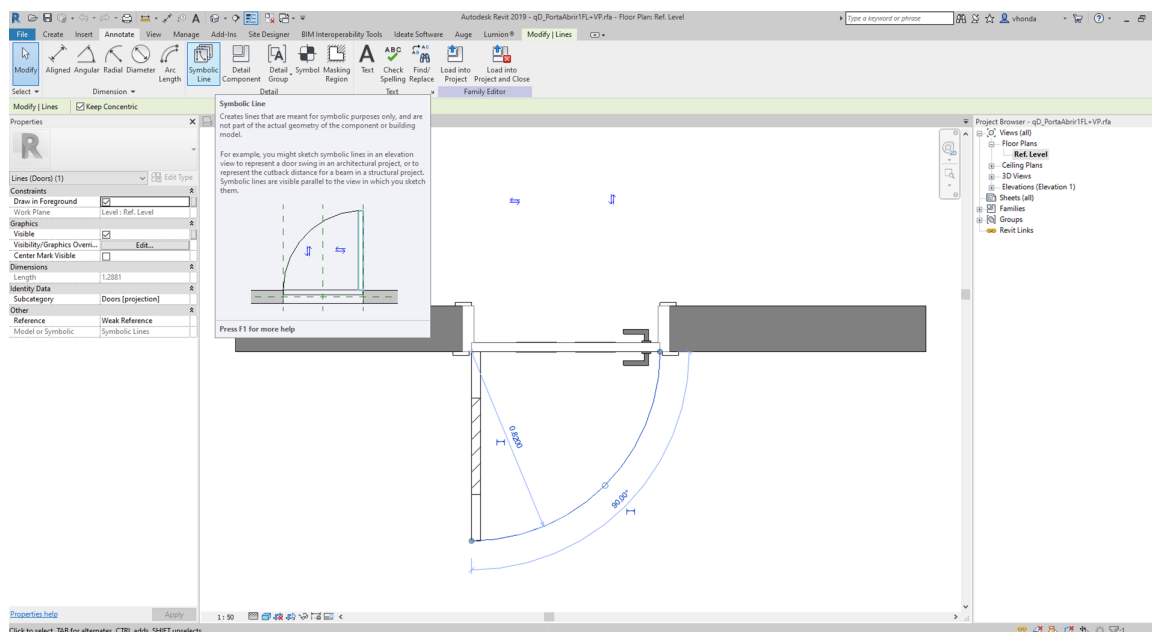
5.2.2 Definição de abertura de portas

Uma dificuldade encontrada durante o desenvolvimento desta pesquisa estava relacionada à definição do sentido de abertura de portas. Para a execução da regra SOL / 208 por exemplo, aplicada às portas de ambientes acessíveis, é fundamental que esta característica esteja definida de forma que o SMC consiga interpretar.

Observando a unidade de análise 1 deste estudo, notou-se que a regra de pré- Checagem SOL / 176 apontou determinadas portas do modelo que não possuíam aberturas definidas. Com isso, os resultados gerados com a execução da *ruleset* SOL / 208 não contemplaram as verificações de sentido de abertura de portas, indicando que quando o modelo não possui esta definição, o SMC ignora a verificação do sentido de abertura de portas sem gerar alertas sobre as não conformidades. Este comportamento mostra a importância da utilização de regras de pré- Checagem, pois se apenas fosse empregada a regra de verificação de portas acessíveis sem a definição das aberturas de portas, nenhuma não conformidade relacionada a esta regra seria apontada pelo SMC, configurando-se em um caso de falso positivo.

Segundo diretrizes apresentadas pela própria desenvolvedora (SOLIBRI, 1999), é sugerido que para a inserção desta informação no modelo Revit, o raio de abertura da porta deverá ser criado através da função "Symbolic Line" (Linha Simbólica), devendo ser desenhado no ambiente de edição da família do elemento, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Definição do Sentido de Abertura de Portas no Revit



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3 EXECUÇÃO E VALIDAÇÃO DAS REGRAS DE VERIFICAÇÃO DO SMC

As atribuições de *rulesets* explicitadas nas Tabelas Quadro 15 a Tabela Quadro 15 foi fruto de um estudo investigativo para adequação entre as regras de verificação do Solibri, aos requisitos da Norma de Acessibilidade e a parametrização do modelo. Nas subseções a seguir serão abordadas as análises voltadas para a etapa de execução das *rulesets*, envolvendo a implementação das regras e validações empregadas para cada uma. Para algumas validações, foi necessário utilizar um modelo viciado, que consiste em modificações realizadas para inserir erros no modelo para que a ferramenta de verificação acusasse as não conformidades na etapa de checagem. Tais validações não foram aplicadas às regras de pré-checagem, pois elas possuem a função de garantir a integridade das informações do modelo. O escopo desta pesquisa se restringiu em garantir que as regras de verificação que são aplicadas aos requisitos da Norma de Acessibilidade fossem executadas de maneira assertiva.

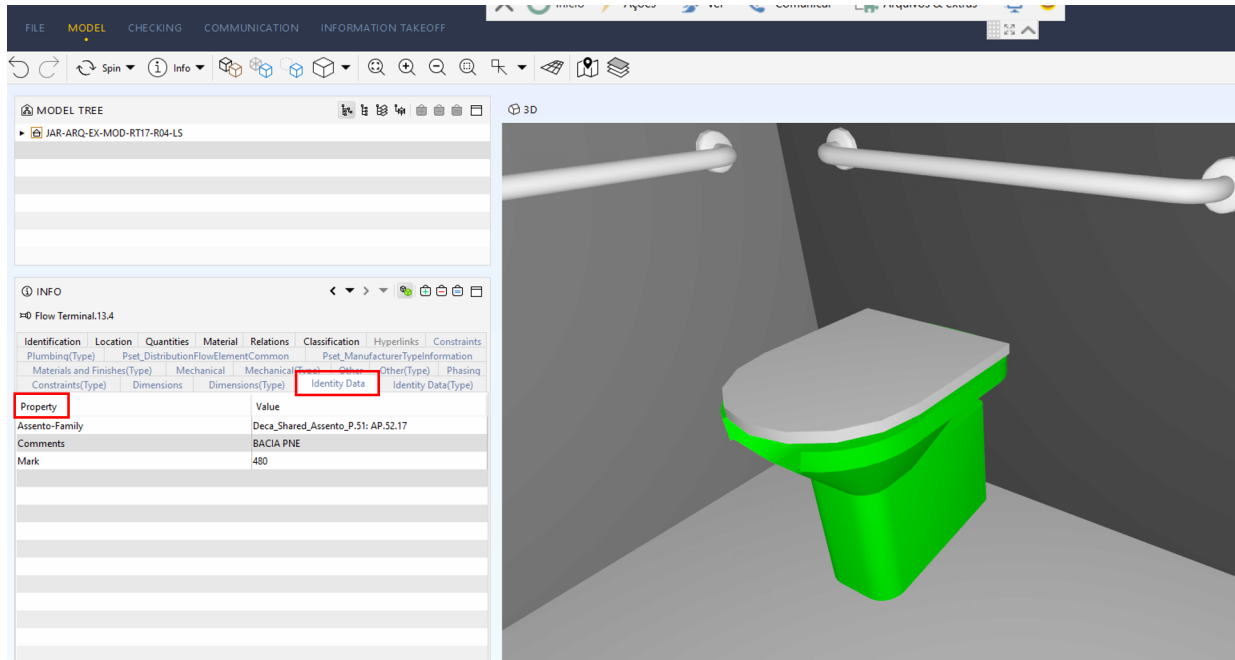
5.3.1 Classificação de elementos e espaços no SMC

Como forma de se aproveitar a identificação dos ambientes e elementos inseridos durante a parametrização do modelo no Revit, foram aplicadas fórmulas para classificação dos espaços e objetos no Solibri Model Checker. Nesta interface, o nome das classificações podem ser definidas ao serem atribuídas a parâmetros de identificação importados do modelo.

Para realizar esta atribuição, primeiramente é necessário fazer o mapeamento do parâmetro, podendo ser consultado na aba "Info" do SMC. No caso, o parâmetro "Comments" que armazena a identificação "BACIA PNE" está inserido dentro de um grupo denominado "Identity Data"

(Dados de identidade) que faz parte das "Property sets" (Conjunto de Propriedades), conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 – Disposição do Parâmetro "Comments" no SMC



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Uma vez realizado este mapeamento, para a execução da regra de classificação é necessário que a variável a ser utilizada como referência seja configurada, conforme ilustrado na Figura 22. Dando sequência ao caso explicitado anteriormente, a localização do parâmetro é inserido na tabela de classificação, resultando na coluna definida como *IdentityData.Comments*. O valor utilizado nesta coluna ("*") indica um valor global, que se aplica a todos os objetos do modelo com o parâmetro *IdentityData.Comments*. A outra coluna "*Classification Name*" é o parâmetro que o SMC utiliza para execução das *rulesets*, sendo atribuída à variável "*Comments*" através da fórmula "=1". Desta forma, a utilização dessas fórmulas permitem que os parâmetros importados do modelo sejam aproveitados nas etapas subsequentes, evitando-se a necessidade de realizar a classificação manual dos elementos e espaços.

5.3.2.1 SOL / 21 - Componentes devem ter identificadores Únicos

Para uma melhor gestão das informações do modelo e confiabilidade nas ferramentas de verificação, as regras de pré-chechagem foram empregadas no estudo com o objetivo de se garantir que todos os parâmetros necessários estão inseridos de forma a segurar uma correta execução da verificação automática.

A regra de verificação SOL / 21 realiza a checagem dos identificadores, baseados em uma propriedade escolhida pelo usuário, para que todos os elementos possuam uma identificação e que ela seja única. Ela permite que o agente de verificação cheque de maneira rápida se houve erros nas atribuições das nomenclaturas dos objetos que deveriam ser únicos no modelo, como por exemplo o nome do pavimento.

Além disso, é possível definir formatos para checagem de padrões de nomenclatura com esta regra, caso seja optado utilizar a parametrização através de códigos, como por exemplo as classificações OmniClass e da ABNT NBR 15965. A interface de entrada de dados está ilustrada na Figura 23 e sua descrição na Tabela Quadro 18.

Figura 23 – Interface da SOL / 21 - Entrada de Parâmetros

The screenshot shows the 'PARAMETERS' interface for the SOL / 21 rule. It features a table for 'Components to Check' with the following data:

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Floor	Name		

Below the table, the 'Checked Component Property' is set to 'Name'. The 'Identifier' section is configured with 'Identifiers Must Be Unique' checked, and the 'In whole Model' radio button selected. The 'Format' section has a dropdown menu for 'Format'.

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Quadro 18 – SOL / 21 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	State Component Propoperty Operator Value		Include Floor Name - -	Interface para inserção dos parâmetros a serem checados
2	Checked Component Property	Propriedade Checada do Componente	Name	Interface para definição do parâmetro a ser checado
3	Identifiers Must be Unique	Identificadores Únicos	In whole model (em todo modelo)	Interface para definir para qual agrupamento os identificadores definidos em 2 devem ser únicos
4	Format	Formato	-	Espaço para inserção do formato padrão que as propriedades verificadas devem seguir

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.2.2 SOL / 38 - Contagem de Espaços em cada Pavimento

O *template* SOL / 38 realiza a contagem de espaços e grupos de espaço. Para este estudo de caso, ele foi empregada para averiguar se os ambientes foram de fato exportados do Revit e se as classificações do SMC foram devidamente atribuídas aos espaços com a regra de classificação. Desta forma, esta regra garante que não existam perdas de informação desde o processo de modelagem até a fase de verificação dos requisitos.

A janela para inserção dos parâmetros está ilustrada na Figura 24 e sua descrição no Quadro 19.

Figura 24 – Interface da SOL / 38 - Entrada de Parâmetros

Floor	Classification Name	Space Type	Space Name	Space Number	Required Count
TÉRREO - SOCIAL	PNE WC		PNE WC	185	1
TÉRREO - SOCIAL	PNE VEST		PNE VEST	184	1
1º PAVIMENTO	PNE WC		PNE WC	310	1

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Quadro 19 – SOL / 38 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Space Groups Check	Checagem de grupos de Espaços	Check Spaces and Space Groups (Espaços e grupos de espaços)	Este parâmetro define quais espaços ou grupos de espaços serão verificados
2	Space Classification	Classificação de Espaço	Space Usage	Este parâmetro define a classificação empregada para os espaços a serem checados
3	Floor Classification Name Space type Space Name Space Number Required Count	Pavimento Classificação Tipo de Espaço Número do Espaço Contagem Requisitada	1º PAVIMENTO PNE WC - PNE WC 310 1	Interface de inserção dos parâmetros dos espaços a serem verificados

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.2.3 SOL / 176 - Estrutura do Modelo

Outra regra de pré-checagem utilizada foi o *template* SOL / 176, que permite realizar a verificação de diversos detalhes do modelos, conforme explicitado no Quadro 20. A janela de parametrização desta *ruleset* está ilustrada na Figura 25.

Figura 25 – Interface da SOL / 176 - Entrada de Parâmetros

PARAMETERS

Disciplines ①

- * Any
- Architectural
- Air Conditioning
- Building Services
- Electrical
- Heat
- Structural
- Ventilation

Check Containment Hierarchy ②

Direct Relation to Floor ③

Check Empty Floors ④

Check Floor Elevations ⑤

Check Floor Names ⑥

Verify Material Layers Thicknesses ⑦

Doors/Windows in Same Floor as Wall ⑧

Check Maximum Polygon Number ⑨

Maximum Polygon Number ⑩

Check Space Boundaries ⑪

Check Orphan Doors and Windows ⑫

Check Door Opening Direction ⑬

Allow only one site ⑭

Check whether Site has Geometry or not ⑮

Require Unique IFC GUIDs ⑯

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Quadro 20 – SOL / 176 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Disciplines	Disciplinas	Any (Qualquer)	Inserção da disciplina a ser verificada
2	Check Containment Hierarchy	Checagem de hierarquia	Não selecionado	Verifica se os elementos estão estruturados em hierarquias, seguindo a sequência: Modelo-Edificação-Pavimentos-Componentes
3	Direct Relation to Floor	Relação com o piso	Selecionado	Verifica se os componentes possuem relação de "Contido" com o pavimento
4	Check Empty Floors	Checa Pavimentos Vazios	Selecionado	Verifica se os pavimentos possuem pelo menos 1 elemento
5	Check Floor Elevations	Checa Elevações de Pavimentos	Selecionado	Checa a existência de pavimentos diferentes com a mesma elevação
6	Check Floor Names	Checa Nome de Pavimentos	Selecionado	Checa a existência de pavimentos com o mesmo nome
7	Verify Material Layers Thickness	Verifica espessura de Materiais	Não selecionado	Verifica se a espessura de materiais correspondem a soma das espessuras de layers (camadas)
8	Doors/Windows in Same Floor as Wall	Portas/Janelas localizadas no mesmo pavimento que as paredes	-	Verifica se as portas e janelas estão localizadas no mesmo pavimento que as paredes em que estão inseridas
9	Check Maximum Polygon Number	Checa número máximo de polígonos	Selecionado	Verifica se elementos que possuem a geometria construída por um conjunto de polígonos atendem um número máximo definido pelo usuário
10	Check Space Boundaries	Checa Contornos de Espaços	Selecionado	Checa se os limites do espaço estão definidos
11	Check Orphan Doors and Windows	Checa portas e janelas órfãs	Selecionado	Checa se existem janelas ou portas sem relação com a parede em que estão inseridas
12	Check Door opening Direction	Checa direção de abertura de Porta	Selecionado	Checa se as aberturas de portas estão definidas
13	Allow only one site	Permitir apenas 1 terreno	Não selecionado	Checa a existência de mais de 1 terreno no modelo
14	Check whether Site has Geometry or not	Checa se o terreno possui geometria	Não selecionado	Checa a existência de geometria do terreno
15	Require Unique IFC GUID	Checa IFC GUID único	Unique in All Models (único em todos os modelos)	Checa a existência de IFC GUID único para os elementos do modelo

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.2.4 SOL / 208 - Regra de Portas Acessíveis

Esta *ruleset* verifica o sentido de abertura de portas e dimensões de portas conforme ilustrado na Figura 26. Ao se selecionar as células da coluna "*Requirements*" (Requisito), uma nova interface aparece, solicitando outros parâmetros de entrada, ilustrado na Figura 26. A legenda está apresentada no Quadro 21 e Quadro 22 contendo a legenda e os valores inseridos.

Figura 26 – Interface da SOL / 208 - Entrada de Parâmetros

(continua)

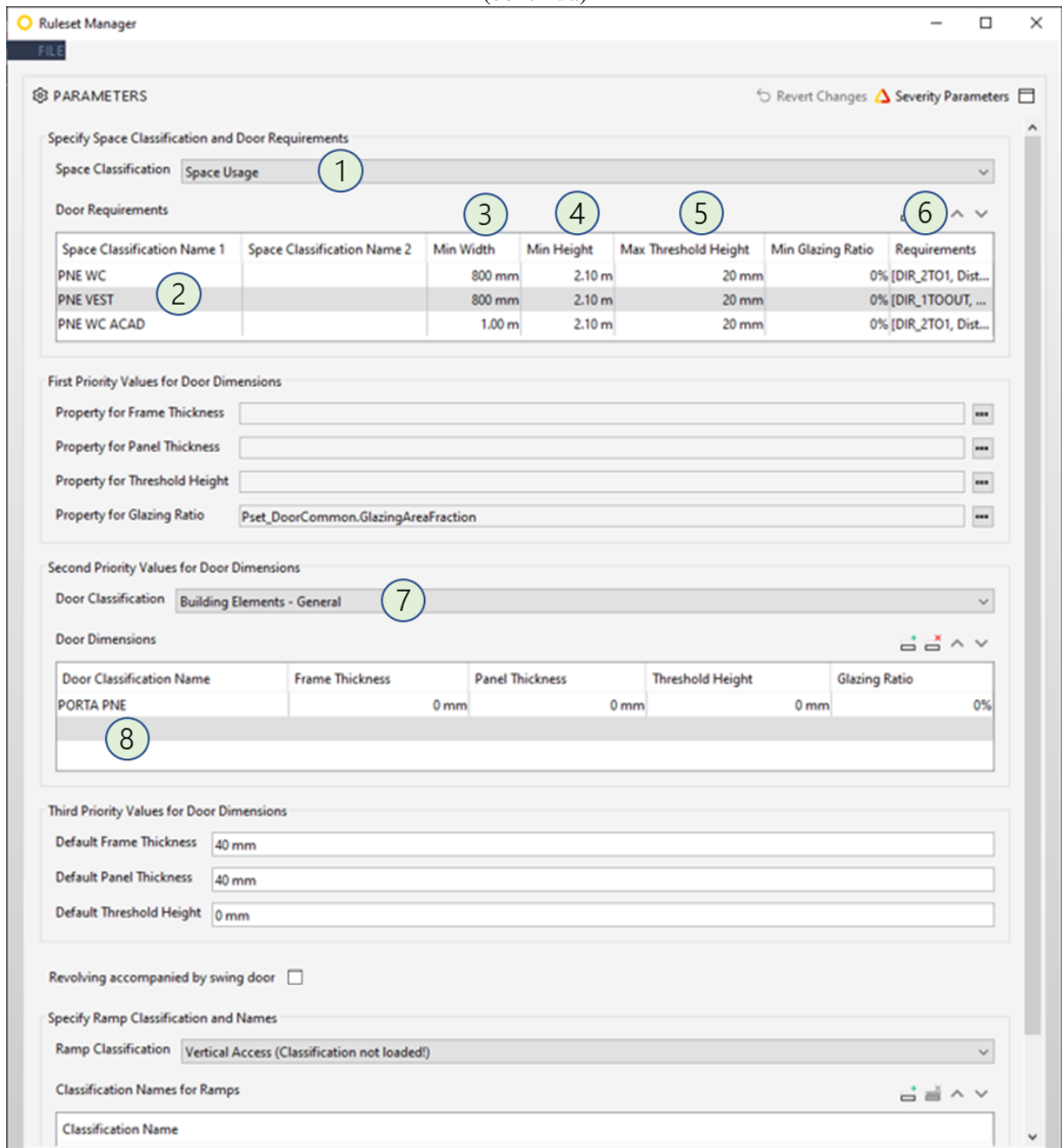


Figura 26 – Interface da SOL / 208 - Entrada de Parâmetros

(conclusão)

The screenshot shows the 'Accessible door free space requirements / PNE WC' dialog box. The left side features a diagram of a door opening into a space, with dimensions and clearances marked with circled numbers 9 through 30. The right side contains the configuration panel with the following sections:

- Door opens:** To space: PNE WC (9)
- Opposing door:** Min. distance: 1.50 m (10)
- Pull side free spaces:**
 - In Front of door (12): Rule: Minimum width, minimum depth (13)
 - Door W + area D min.: 800 mm (14) Width: 800 mm (15) Depth: 1.50 m (16)
 - Handle side on pull side: Width: 600 mm (18) Depth: 1.50 m (19)
 - Hinge side on pull side: Width: 300 mm Depth: 1.00 m
- Push side free spaces:**
 - In Front of door (22): Rule: Minimum width, minimum depth (23)
 - Door W + area D min.: 800 mm (24) Width: 800 mm (25) Depth: 1.20 m (26)
 - Handle side on push side: Width: 300 mm (28) Depth: 1.20 m (29)
 - Hinge side on push side: Width: 300 mm Depth: 1.00 m

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are located at the bottom right of the dialog box.

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Quadro 21 – SOL / 208 - Legenda dos Parâmetros

(continua)

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Space Classification	Classificação de Espaço	Space Usage	Space Usage é o nome de uma classificação empregada dentro do SMC. Ela consta a atribuição das classes aos elementos e espaços do modelo.
2	Space Classification Name	Nome do Espaço	PNE WC	Nome do espaço, conforme classificação adotada em 1
3	Min Width	Largura Mínima	800 mm	Largura mínima da porta
4	Min Height	Altura Mínima	2,10 m	Altura mínima da porta
5	Max Threshold Height	Desnível Máximo	20 mm	Desnível entre o nível dos pisos dos ambientes que a porta as conecta
6	Requirements	Requisitos		Abre nova interface, com os parâmetros de entrada 9 a 28
7	Door Classification	Classificação das Portas	Building Elements - General	Nome da classificação que consta as categorias de elementos
8	Door Classification Name	Nome da Porta	PORTA PNE	Classificação atribuída ao elemento, conforme Building Elements - General
9	Doors opens - to space	Para o espaço	PNE WC	Nome da classificação do espaço que o sentido da porta deve abrir
10	Opposing door - min. distance	Distância mínima da porta oposta	1,5 m	Distância mínima entre a porta e o elemento mais próximo, inclusive o alcance de aberturas de portas opostas, conforme referenciado na imagem
11	Pull side free spaces	Distância mínima do lado que puxa	-	Os itens 12 a 20 tratam de medidas dentro do espaço em que a porta é puxada
12	In Front Door	Em frente à porta	Selecionado	Inclui ou não os requisitos de dimensões de espaços livres em frente à porta.

Quadro 22 – SOL / 208 - Legenda dos Parâmetros

(conclusão)

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
13	Rule	Regra	Largura e profundidade mínima	Esta seleção verifica as medidas mínimas de largura e profundidade inseridas nos itens 14 a 16
14	Door W + area D min.	Somatória de área e largura da porta	800 mm	Esta medida é um valor mínimo para a soma da largura do vão da porta e a profundidade da área livre em frente à porta. É um tipo de regra não adotada pela Norma de Acessibilidades
15	Width	Largura Mínima	800 mm	Medida mínima do vão da porta acessível
16	Depth	Profundidade mínima	1,5 m	Medida mínima para a profundidade da área livre em frente à porta
17	Handle side on pill side	Mesmo lado da maçaneta no ambiente em que a porta é puxada	Selecionado	Inclui ou não os requisitos de dimensões de espaços livres do setor do lado da maçaneta, no espaço em que a porta é puxada.
18	Width	Largura Mínima	600 mm	Medida mínima para largura do setor
19	Depth	Profundidade mínima	1,5 m	Medida mínima para profundidade do setor
20	Hinge side on pull side	Mesmo lado oposto da maçaneta no ambiente em que a porta é puxada	Não selecionado	Inclui ou exclui dimensões relacionadas ao setor oposto à maçaneta, no ambiente em que a porta é puxada.
21	Push side free spaces	Espaços livres do lado em que a porta é empurrada		Interface onde as dimensões relacionadas aos setores do ambiente em que a porta é empurrada são inseridas
22	In Front Door	Em frente à porta	Selecionado	Requisitos que se referem às medidas da região em frente à porta
23	Rule	Regra	Largura e profundidade mínima	Esta seleção verifica as medidas mínimas de largura e profundidade inseridas nos itens 14 a 16
24	Door W + area D min.	Somatória de área e largura da porta	800 mm	Esta medida é um valor mínimo para a soma da largura do vão da porta e a profundidade da área livre em frente à porta. É um tipo de regra não adotada pela Norma de Acessibilidades
25	Width	Largura Mínima	800 mm	Medida mínima para largura do setor
26	Depth	Profundidade mínima	1,2 m	Medida mínima para profundidade do setor
27	Handle side on pill side	Mesmo lado da maçaneta no ambiente em que a porta é puxada	Selecionado	Inclui ou não os requisitos de dimensões de espaços livres do setor do lado da maçaneta, no espaço em que a porta é empurrada.
28	Width	Largura Mínima	300 mm	Medida mínima para largura do setor
29	Depth	Profundidade mínima	1,2 m	Medida mínima para profundidade do setor
30	Hinge side on pull side	Mesmo lado oposto da maçaneta no ambiente em que a porta é puxada	Não selecionado	Inclui ou exclui dimensões relacionadas ao setor oposto à maçaneta, no ambiente em que a porta é empurrada.

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Foram constatadas algumas limitações para esta regra de verificação, pois em seus resultados foram apontados casos de não conformidades, sendo que a expectativa era de que não houvessem problemas em ambas as unidades de análise, uma vez que esses projetos foram aprovados pela prefeitura. Tais considerações serão explicitadas na seção 4.3.6.

5.3.2.5 SOL / 209 - Regra de Áreas de Manobra

A *ruleset* SOL / 209 realiza a verificação de áreas livres para manobra de giro para pessoas com cadeira de rodas. A interface de inserção de parâmetros está ilustrada na Figura 27. Da mesma forma que a regra anterior, ao selecionar a célula da coluna "*Requirements*", uma nova

janela para inserção de dados se abre, disposta conforme ilustrada na Figura 28. A legenda da Figura 27 e Figura 28 estão apresentadas no Quadro 23.

Figura 27 – SOL / 209 - Interface da Entrada de Parâmetros

(conclusão)

Space Classification Name	Requirements
PNE VEST	[Wheelchair Turning Space ø 1.50 m]
PNE WC	[Wheelchair Turning Space ø 1.50 m]

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Figura 28 – SOL / 209 - Interface da Entrada de Parâmetros

(conclusão)

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Quadro 23 – SOL / 209 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Space Classification	Classificação do Espaço	Space Usage	Classificação adotada e atribuída aos espaços do modelo
2	Furniture Classification	Classificação das mobílias	Furniture	Classificação adotada e atribuída aos elementos do modelo
3	Space Classification Name	Nome da classificação	PNE VEST	Nome dos espaços conforme classificação adotada
4	Requirements	Requisitos		Abre uma interface para inserção dos requisitos para áreas de manobra explicitadas nos itens 5 a 14
5	Free Wheelchair Turning Circle	Círculo livre para giro com cadeira de rodas	Selecionado	Inclui ou exclui regras de verificação para giro de cadeira de rodas
6	Diameter	Diâmetro	1,5 m	Diâmetro mínimo para manobra de giro 360° com cadeira de rodas
7	Free Corridor	Corredor livre	Não selecionado	Inclui ou exclui regras de verificação corredores livres
8	Free Rectangle	Retângulo livre	Não selecionado	Inclui ou exclui regras de verificação de dimensões mínimas de áreas livres
9	Avoid Obstacles Length Width	Evitar Obstáculos Comprimento Largura	Selecionado 2,00 m 1,00 m	Verifica dimensões mínimas de uma área livre retangular, podendo-se evitar ou não a presença de obstáculos dentro desta área
10	Free Space on Side	Espaço livre ao lado	Não selecionado	Inclui ou exclui regras de verificação para dimensões mínimas de um espaço ao lado de determinado elemento.
11	Furniture Classification Minimum Length (A) (A) Equals Furniture Length Front and Back Minimum Width (B) Double Sided	Classificação dos Elementos Largura mínima (A) (A) é igual a largura do elemento Na frente e atrás Largura mínima (B) Ambos os lados	Não selecionado 0 mm Selecionado 0 mm Não selecionado	Verifica dimensões mínimas de uma área livre retangular, considerando as dimensões do elemento verificado
12	Furniture distance	Distância das mobílias	Não selecionado	Inclui ou exclui requisitos aplicados a dimensões mínimas de áreas livres ao lado de elementos
13	Furniture classification Minimum Distance Maximum Distance Double Sided	Classificação dos Elementos Distância Mínima Distância Máxima Ambos os lados	- 405 mm 455 mm Não Selecionado	Intervalo larguras entre o elemento selecionado e qualquer objeto próximo, de forma que garanta um espaçamento dentro do intervalo especificado

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Limitações semelhantes às observadas na validação da *ruleset* SOL / 208 foram constatadas para este caso. Da mesma forma, estas considerações serão explicitadas na seção 4.3.6 desta pesquisa.

5.3.2.6 SOL / 222 - Distância Entre Componentes

O SOL / 222 checa se a distância entre objetos do modelo atendem requisitos definidos pelo usuário. A interface se dispõe conforme ilustrado na Figura 29, Figura 30 e Figura 31. As respectivas legendas estão apresentadas na Tabela Quadro 24. Observa-se que a interface de entrada de dados muda de acordo com os critérios de cálculo adotados, mostrando que a ferramenta possui funcionalidades que auxiliam no entendimento das *rulesets*.

Figura 29 – SOL / 222 - Interface da Entrada de Parâmetros - (Janela 1)

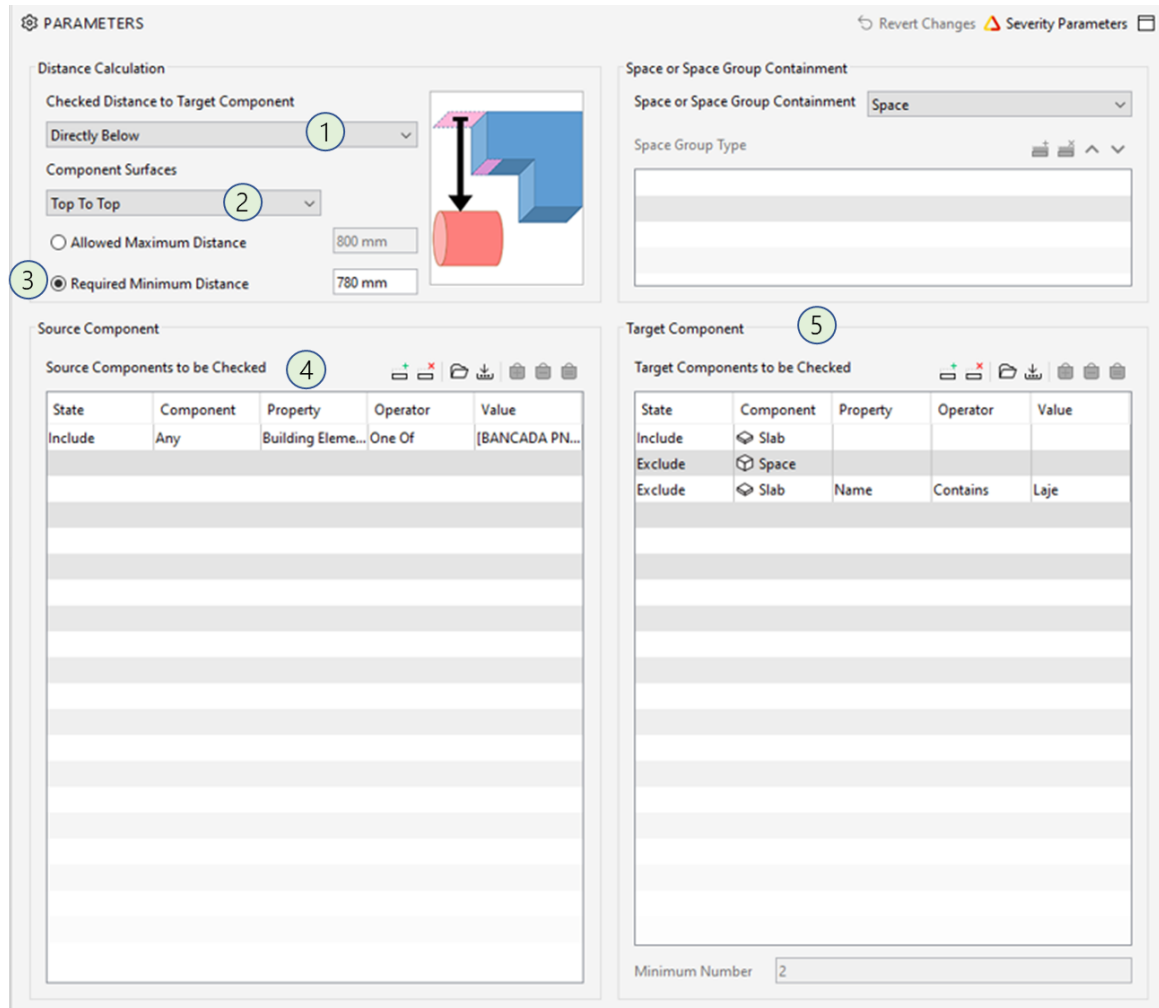


Figura 30 – SOL / 222 - Interface da Entrada de Parâmetros (Janela 2)

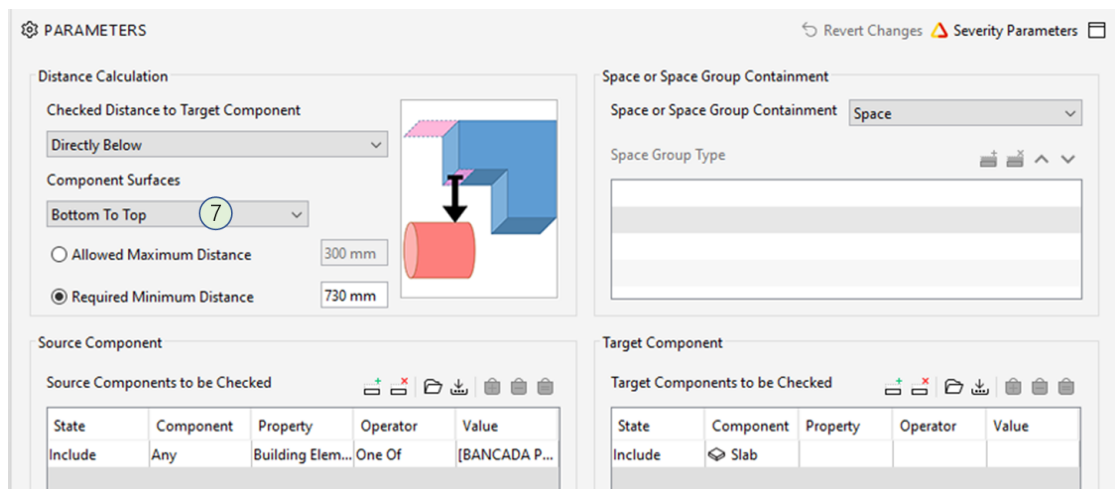
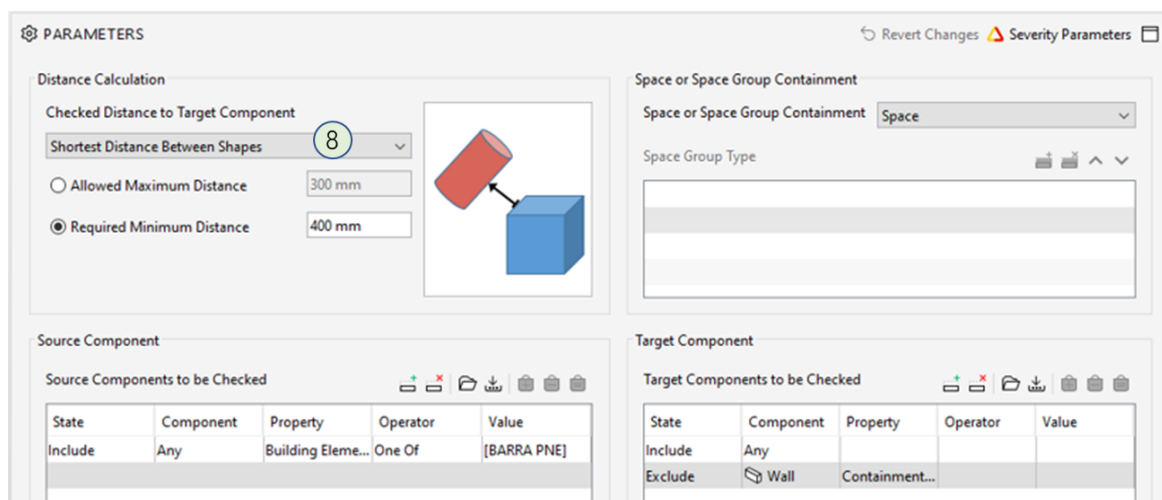


Figura 31 – SOL / 222 - Interface da Entrada de Parâmetros (Janela 3)



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Quadro 24 – SOL / 222 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Checked Distance to Target component	Checar distância para componente alvo	Directly below (Diretamente abaixo)	Valor de entrada para definir a relação de distância entre dois elementos
2	Component surfaces	Define as superfícies consideradas para cálculo de distância	Top to top (face superior a face superior)	Verifica a distância vertical entre as faces superiores do elemento de origem e do elemento alvo
3	Allowed Maximum Distance Required Minimum Distance	Distância máxima permitida Distância mínima requerida	Não selecionado 730 mm	Inserção do tipo de requisito relacionado a distância será avaliada
4	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Qualquer Building Elements - General Uma da lista Lista de elementos	Parâmetros dos componentes de origem. Utilizado como filtro que indica quais elementos serão considerados em relação aos elementos inseridos no item 5
5	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Laje - -	Parâmetros dos componentes de origem. Utilizado como filtro que indica quais elementos serão considerados para se checar as distâncias definidas nos itens anteriores
6	Component surfaces	Define as superfícies consideradas para cálculo de distância	Bottom to top (face inferior a face superior)	Verifica a menor distância vertical entre os elementos selecionados, da face inferior do elemento de origem a face superior do elemento alvo
7	Checked Distance to Target component	Checar distância para componente alvo	Sortest Distance Between Shapes	Verifica a menor distância entre o elemento de origem e o elemento alvo

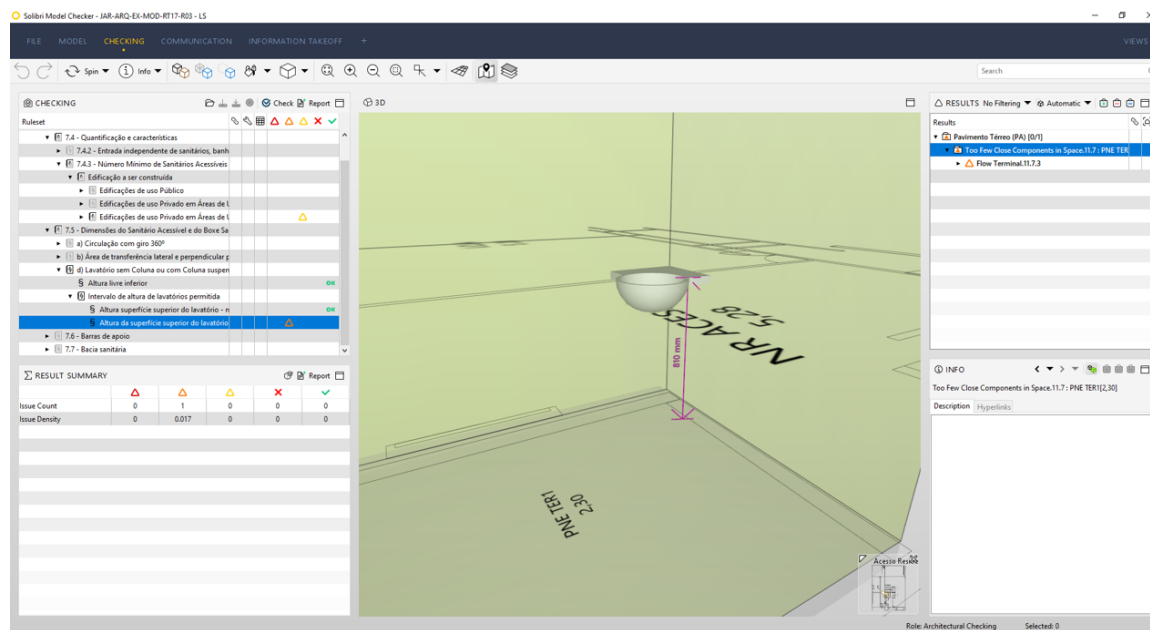
Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Para a validação desta regra, as informações de entrada das *rulesets* foram modificadas, de forma que o SMC gerasse resultados diferentes para um mesmo modelo. A alteração das premissas inseridas nas regras de verificação permitiu averiguar resultados de condições diversas, aplicando-se a regra em ambientes ou então com a inserção de parâmetros restritivos que superavam ou não as condições impostas no modelo, garantindo que todos os resultados pudessem ser observados.

Em paralelo, um modelo viciado também foi utilizado, alterando-se as propriedades originais dos elementos de forma que as regras de verificação apontassem os casos não conformes. Foi constatado que as configurações utilizadas executavam a regra de forma assertiva, desde que os valores inseridos na *ruleset* estivessem em conformidade com os valores estabelecidos na

Norma e que os elementos a serem verificados fossem corretamente selecionados com base nas classificações atribuídas no SMC. A Figura 32 ilustra um caso de validação, no qual o a face superior do lavatório do banheiro acessível não atendia ao intervalo de altura estabelecido na Norma de Acessibilidade.

Figura 32 – SOL / 222 - Resultado de Não Conformidade Forçada



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.2.7 SOL / 230 - Gabarito de Regra de Propriedade com Filtros e Componentes

Esta regra realiza a checagem de regras de valores que podem ser diretamente consultados do modelo, utilizando as informações contidas no IFC. A interface de entrada de parâmetros está ilustrada na Figura 33 com a legenda apresentada no Quadro 25.

Figura 33 – SOL / 230 - Interface da Entrada de Parâmetros

① INFO

Name

PARAMETERS Revert Changes Severity Parameters

Components to Check ①

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Any	Building Elements - General	One Of	[BANCO PNE]

Requirements ③

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Any	Bounding Box Width	≤	450 mm
Include	Any	Bounding Box Length	≤	700 mm

Categorization of Results ⑤

Property
Bounding Box Width
Bounding Box Length

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

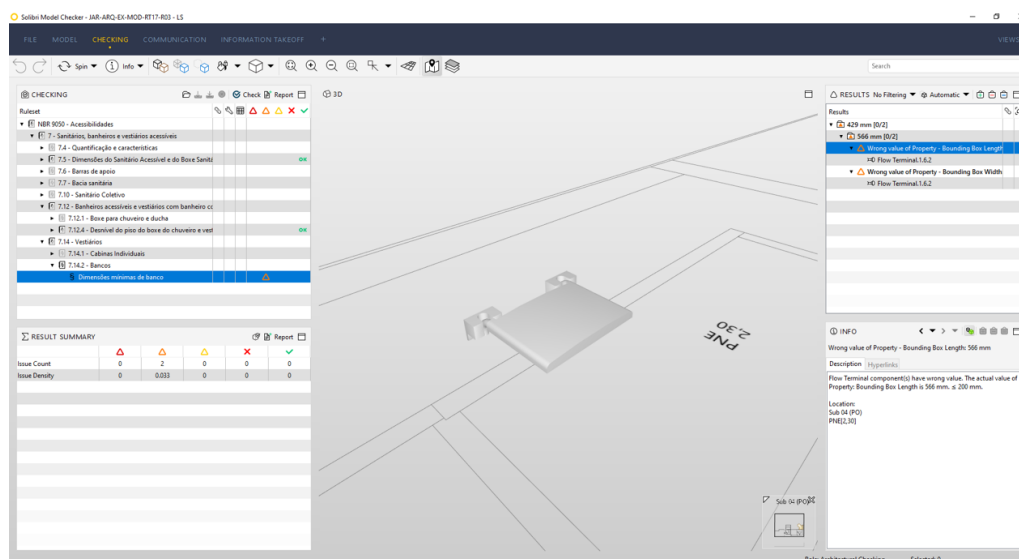
Quadro 25 – SOL / 230 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Components to check	Componentes a serem checados		Interface para filtragem dos elementos a serem verificados
2	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Qualquer Building Elements - General One of (Um da lista) Lista (BANCO PNE)	Valores utilizados para filtragem dos elementos a serem verificados
3	Requirements	Requisitos		Interface para inserção dos requisitos, conforme parâmetros inseridos
4	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Qualquer Bounding Box Width Menor ou igual 450 mm	Parâmetros dos elementos filtrados no item 1 serão avaliados quanto aos parâmetros inseridos nesta interface
5	Categorization of Results	Categorização de Resultados	Bounding Box Width	Parâmetro utilizado para classificar os resultados gerados por esta regra

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Seguindo a mesma metodologia de validação da *ruleset* SOL / 222, foram inseridos diversos valores nos parâmetros de entrada desta regra de verificação para que o SMC gerasse todos os resultados possíveis para esta checagem. Com isso, evitou-se que houvessem cenários não observados, mitigando casos de falso positivo. A Figura 34 ilustra um caso em que o SMC apontou falha na checagem das dimensões mínimas de um banco para banho de um banheiro acessível, com a inserção de medidas mínimas inferiores às do banco nesta *ruleset*.

Figura 34 – SOL / 230 - Resultado de Não Conformidade Forçada



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.2.8 SOL / 231 - Comparação Entre Valores de Propriedades

Esta regra compara valores de propriedades entre elementos. No exemplo ilustrado na Figura 35, para verificação da existência de 1 porta que dá acesso ao banheiro acessível, definiu-se uma regra para contabilizar uma propriedade desta condição. Para tanto, definiu-se os espaços dos banheiros acessíveis como elementos de origem e as portas como elementos a serem

comparados. Como o espaço é um elemento que contém as portas, ela possui uma relação "forward" com a porta. Da mesma forma que o espaço está inserido no pavimento, ele possui uma relação "backward" em relação a este parâmetro. Para o caso, a verificação contará o número de vezes em que esta relação ocorre. As legendas dos parâmetros de entrada estão apresentadas no Quadro 26.

Figura 35 – SOL / 231 - Interface da Entrada de Parâmetros

The screenshot shows the 'PARAMETERS' configuration window in the Ruleset Manager. It is divided into three main sections:

- Checked Components:** Contains a table for 'Components to Check' (1) with columns: State, Component, Property, Operator, and Value. The first row shows 'Include' (2) for 'Space' with property 'Space Usage' and operator 'One Of' and value '[PNE VEST, PNE WC]'. Below the table is a 'Target Value' section (3) with 'Target Value Type' set to 'Numeric' (4) and a value of '1'. A 'Factor' field (5) is also present with the value '1'.
- Compared Components:** Contains a 'Components to Compare' dropdown set to 'Related Component' (6). A 'Relation' section (7) has 'Type' set to 'Nearest Spaces' and 'Direction' set to 'Backward'. Below this is a 'Filter for Components to Compare' table (8) with columns: State, Component, Property, Operator, and Value. The first row shows 'Include' (9) for 'Door' with property 'GUID' and operator 'Is Defined'. At the bottom, there is a 'Quantifier' dropdown set to 'Count' (10) and an 'Operator' dropdown set to '='.

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

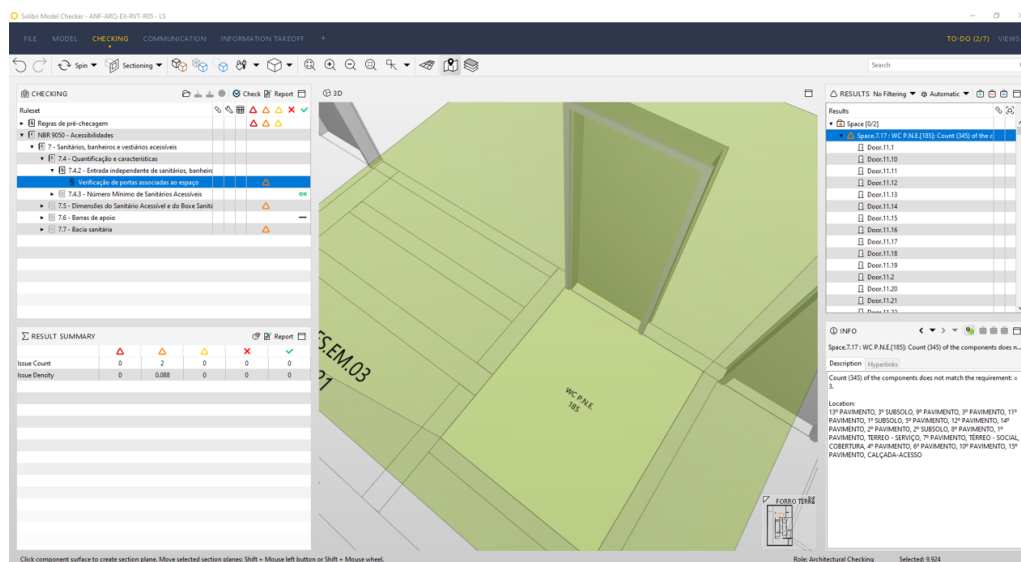
Quadro 26 – SOL / 231 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Components to check	Componentes a serem checados		Interface para filtragem dos elementos a serem verificados
2	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Espaço Space Usage One of (Um da lista) Lista (PNE VEST, PNE WC)	Valores utilizados para filtragem dos elementos a serem verificados
3	Target Value	Valor Alvo		Valor alvo da verificação
4	Target Value Type	Tipo do Valor Alvo	Numeric (Numérico) + Number (Número) + 1	Define tipo de variável do valor resultado da verificação
5	Factor	Fator		1 Quociente aplicado ao resultado
6	Components to compare	Componentes a serem comparados	Related Component (Componente relacionado)	Verifica a componente que associa os objetos selecionados em 1 e em 8
7	Relation	Relação Direção	• Nearest Spaces (Espaços mais próximos) • Posterior	Define o tipo de associação entre os objetos selecionados em 1 e em 8
8	Filter to Components to compare	Filtro dos componentes a serem comparados		Filtragem dos elementos a serem comparados, conforme suas relações definidas em 7 com os objetos definidos em 1
9	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Door (Porta) GUID Is Defined (definido) -	

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

A correta execução desta regra foi constatada seguindo o mesmo procedimento de validação empregado para as outras *rulesets*. Um exemplo de não conformidade gerado por um erro forçado está ilustrado na Figura 36, na qual a regra de verificação apontou uma não conformidade por averiguar que no banheiro acessível não havia 3 portas associadas a este ambiente, conforme configurado para esta validação.

Figura 36 – SOL / 231 - Resultado de Não Conformidade Forçada



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.2.9 SOL / 235 - Número Relativo

O propósito desta regra é checar quantidades relativas de componentes em um local ou relação específica. A interface de inserção de dados está ilustrada na Figura 37 e sua legenda e descrição apresetada no Quadro 27

Figura 37 – SOL / 235 - Interface da Entrada de Parâmetros

PARAMETERS ↶ Revert Changes ⚠ Severity Parameters 🗒

Component Set 1
Name for components in Set 1: Accessible Toilet 1

Components in Set 1 + x 📁 📄 🗑 🗑

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Any	Building Ele...	One Of	[BACIA PNE]

2

Component Set 2
Name for components in Set 2: WC 3

Components in Set 2 + x 📁 📄 🗑 🗑

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Any	Building Ele...	One Of	[BACIA SA...
Exclude	Any	Building Ele...	One Of	[BACIA PNE]
Exclude	Any	Floor	None Of	[Sub 04 (PO...

4

Required Component Count Ratio

The ratio of 'Accessible Toilet' : 'WC' ≥ 1 : 20 In the same Floor ☰

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

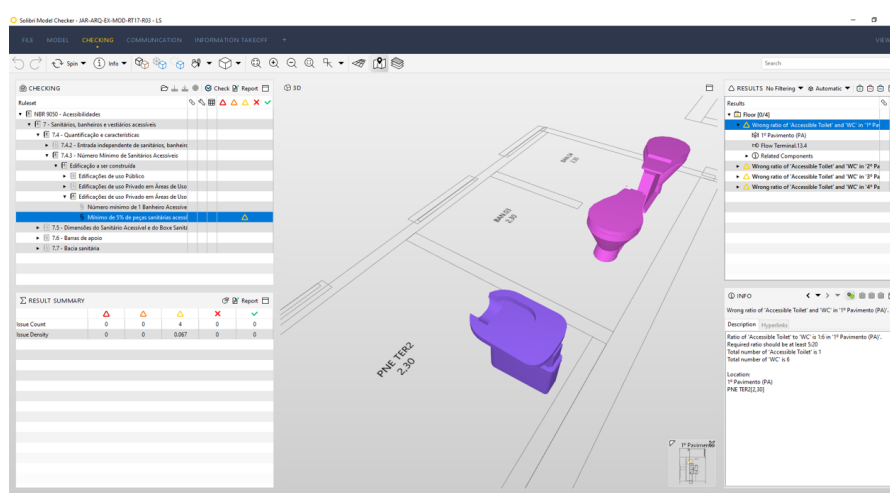
Quadro 27 – SOL / 235 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	Component Set	Conjunto de componentes	Accessible Toilet (Banheiro Acessível)	Bloco para inserção do nome do componente.1
2	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Qualquer Building Element One of (Um da lista) Lista (BACIA PNE)	Conjunto de propriedades para calcular a proporção de elementos
3	Component Set	Conjunto de componentes	WC	Bloco para inserção do nome do componente 2
4	State Component Property Operator Value	Estado Componente Propriedade Operador Valor	Incluir Qualquer Building Element One of (Um da lista) Lista (BACIA SANITÁRIA)	Conjunto de propriedades para calcular a proporção de elementos
5	Ratio of 'Accessible Toilet' : "WC"	Proporção entre 1 e 3	Superior a 1 / 20 = 5%, in the same Floor (no mesmo pavimento)	Inserção da regra de proporção entre o conjunto de elementos definidos em 1 e em 3

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

A correta execução desta regra foi constatada com a inserção de proporções entre bacias sanitárias de ambientes acessíveis e regulares superiores às proporções que constam no projeto, para observar essa não conformidade nos resultados gerados após execução desta *ruleset*. Este caso está ilustrado na Figura 38.

Figura 38 – SOL / 235 - Resultado de Não Conformidade Forçada



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.2.10 SOL / 236 - Estruturas Horizontais Devem estar Seguras Contra Quedas

Esta regra verifica dimensões mínimas de elementos de apoio para prevenção contra queda e também requisitos voltados a vãos máximos entre elementos. A interface que explicita as dimensões consideradas na verificação assim como as disposições para inserção dos parâmetros estão ilustrados na Figura 39 e sua legenda no Quadro 28.

Figura 39 – SOL / 236 - Interface da Entrada de Parâmetros

PARAMETERS

Revert Changes Severity Parameters

Platform Components to Check

Platform Components to Check

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Slab			
Include	Floor	Name	One Of	[1º PAVIMENTO, TÉR...

1

Barrier Components to Check

Barrier Components to Check

State	Component	Property	Operator	Value

Landing Components to Check

Landing Components to Check

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Slab			
Exclude	Slab	Name	Contains	Laje

2

Barrier Dimensions Allowed

Minimum Barrier Total Height H_{min} 0 mm

Maximum Horizontal or Vertical Gap between Barriers P_{max} 0 mm

Maximum Horizontal or Vertical Gap from Platform B_{max} 0 mm

3

Landing Dimensions Allowed

Max Distance to Landing D_{max} 0 mm

Maximum Fall F_{max} 10 mm

Minimum Landing Width W_{min} 0 mm

4

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

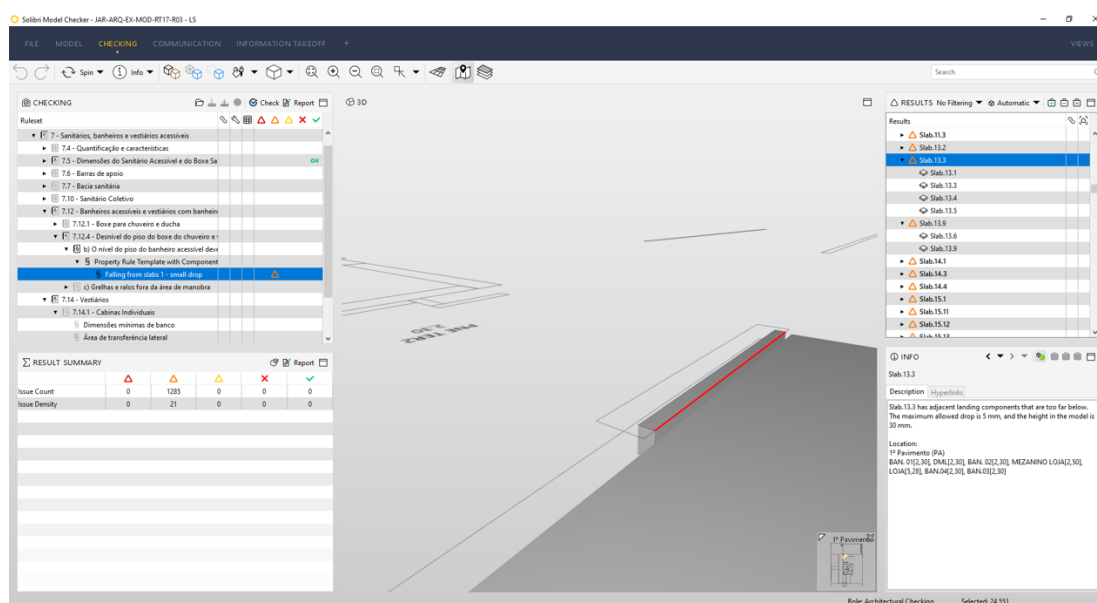
Quadro 28 – SOL / 236 - Legenda dos Parâmetros

Legenda	Parâmetro SMC	Tradução	Valor Inserido	Descrição
1	State	Estado	Incluir	Interface para inserção das lajes de partida
	Component	Componete	Laje	
	Property	Propriedade	-	
	Operator	Operador	-	
	Value	Valor	-	
2	State	Estado	Incluir	Interface para inserção das lajes de aterrissagem
	Component	Componete	Laje	
	Property	Propriedade	-	
	Operator	Operador	-	
	Value	Valor	-	
3	Dimensões da barreira	Hmin	0 mm	Interface para definição das dimensões que uma barreira deve atender
		Pmáx	0 mm	
		Bmáx	0 mm	
4	Dimensões do espaçamento entre objetos de partida e objetos de aterrissagem	Dmáx	0 mm	Interface para inserção de espaçamentos mínimas e máximas entre elementos
		Fmáx	10 mm	
		Wmin	0 mm	

Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Para averiguar a presença de desníveis entre os pisos dos ambiente acessíveis e as lajes adjacentes, o modelo foi modificado para que esta regra pudesse apontar estas ocorrências. A Figura 40 ilustra o caso em que o SMC indicou um desnível fora dos padrões estabelecidos pela Norma, indicando que estes casos são corretamente checados pela ferramenta.

Figura 40 – SOL / 236 - Resultado de Não Conformidade Forçada



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.3 Limitações observadas no SMC

Com o emprego do Solibri Model Checker, ficou notável que essa plataforma facilita as análises por meio de diversas funcionalidades que ela contém. Entretanto, para a verificação automática de regras, essa ferramenta apresentou algumas limitações relacionadas a suas funcionalidades. A seguir serão explicitadas as dificuldades enfrentadas nos itens que não puderam ser automatizados por meio do SMC e seus motivos.

5.3.3.1 Parâmetros não deriváveis

O Solibri Model Checker é uma ferramenta que recebe o IFC como formato de leitura, representando em grande parte, informações geométricas do modelo, carregando parâmetros que auxiliam na gestão da informação. Desta forma, as regras de verificação atuam de forma efetiva para derivações geométricas, porém para informações fora deste escopo, tais como avaliação de resistência de materiais ou especificações de válvulas de banho, o SMC acaba não apresentando *rulesets* para estes fins.

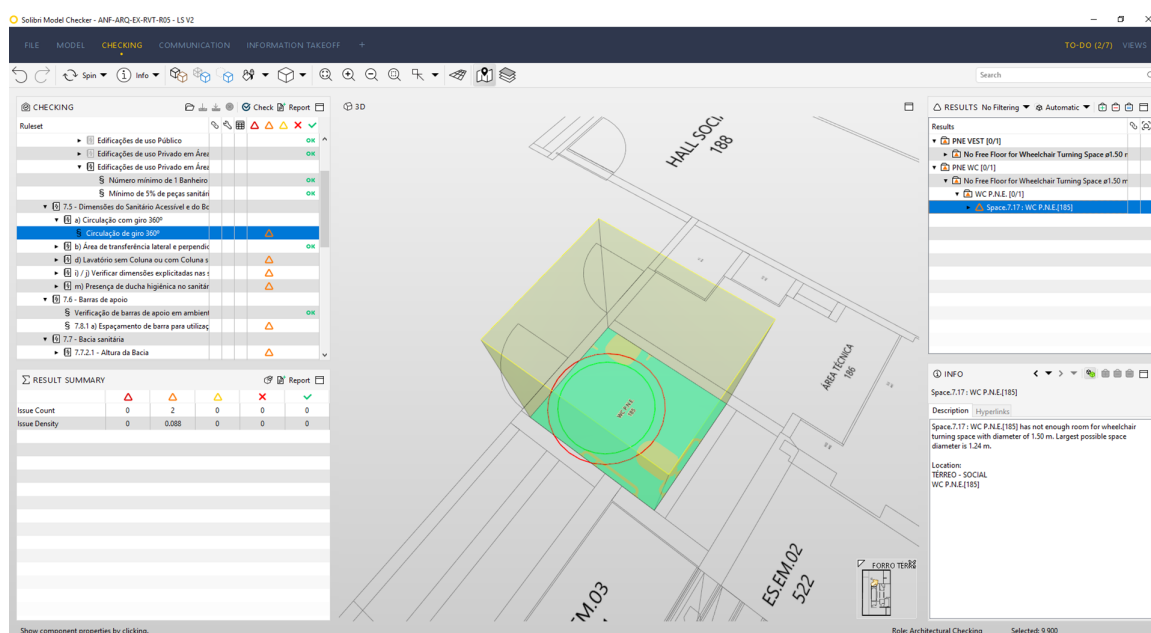
Na Norma de Acessibilidade, por vezes, nos requisitos são adotadas variáveis que não podem ser consultadas no modelo através do SMC. Um exemplo disso, são as regras que definem o diâmetro mínimo da barra. Observou-se que este elemento possuía informações geométricas tais como alturas e elevações, mas nenhuma de diâmetro, impossibilitando a verificação de requisitos que dependem desta informação. Observa-se que determinados dados que poderiam ser extraídos com as ferramentas oferecidas no Revit não podem ser consultados no SMC.

5.3.3.2 Regras de checagem de áreas livres

Este grupo contempla as regras que verificam áreas livres, tais como o SOL / 208 e SOL / 209. Primeiramente, ambas não possuem parâmetros de entrada para definição de tolerância, impossibilitando a aplicação de regras que envolvem este parâmetro.

Observou-se nos resultados gerados por estas regras de verificação que a área livre considerada pelo SMC considera a projeção de todos os elementos que estavam dentro dos ambientes acessíveis, conforme ilustrado na Figura 41.

Figura 41 – SOL / 209 - Área Livre de Giro



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

Neste exemplo, a área livre para giro com cadeira de rodas que o SMC definiu para este caso foi de 1,24 m, não atendendo o requisito mínimo de 1,5 m. Desse resultado, observou-se que o SMC não estava ignorando a projeção da barra de apoio no chão, diminuindo o diâmetro de área livre, mesmo aplicando a função *Exclude* ou *Ignore* onde se esperaria que os objetos elencados fossem desconsideradas nesta análise automatizada. O mesmo fenômeno acontecia com todos os elementos contidos no espaço analisado. Com isso, apesar da Norma especificar posicionamentos das barras (alturas e disposições) de forma que não atrapalhem a área de manobra, o programa não disponibiliza de funcionalidades que permitam a adequação deste critério.

Visto que a parametrização dessas *rulesets* não possui uma variável de entrada que oriente o programa a ignorar determinados elementos durante a sua execução, como alternativa, optou-se por combinar a regra de verificação com uma de filtragem utilizando-a como *gatekeeper rule*, podendo-se entender como regra primária. Seu papel para este caso seria filtrar apenas os espaços e elementos para que em seguida fosse executada a regra secundária nos objetos filtrados. Para este caso, a regra SOL / 208 seria executada apenas nos elementos selecionados pela *gatekeeper rule*.

Contudo, observou-se que apesar desta regra de filtragem funcionar em conjunto a outras regras, o programa não mudou seu critério de verificação para *rulesets* que checam áreas livres no chão, conforme ilustrado em Figura 42, desta vez para o caso da regra SOL / 208.

Figura 42 – SOL / 208 - Área Livre em Frente à Porta do Espaço que Ela é Aberta



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

5.3.3.3 Tolerâncias

Observando os resultados das classificações, observa-se que existem casos em que são permitidas certas tolerâncias, como é o caso do item 7.2 e do item 7.3.1 c). Elas tratam de tolerâncias aplicadas a dimensões, distâncias e áreas livres de manobra. As *rulesets* elencadas

para execução destes tipos de verificação não permitem a inserção de tolerâncias, sendo condições muito específicas frente às funcionalidades da ferramenta.

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo personalizar as regras de verificação automática no SMC com o intuito de aumentar a assertividade e trazer celeridade no processo de aprovação de projetos, conforme suportado nos estudos de Eastman et al. (2009). Além disso, também visou analisar suas capacidades e limitações, empregando o Solibri Model Checker para checagem da ABNT NBR 9050.

Dos resultados observados, o presente trabalho demonstrou que apesar das dificuldades enfrentadas para a automação do processo de conferência de projetos, é possível implementar o uso da tecnologia para este processo e de forma eficaz.

Além disso, foi observada a necessidade de se adotar procedimentos desde o preparo do modelo, de forma a evitar perdas de informações essenciais para a execução do *code checking*. Constatou-se que os modelos de arquitetura apenas empregaram padrões de nomenclaturas para os seus elementos, porém sem seguir um padrão formalizado, como por exemplo as classificações Omniclass, Unifomat ou da ABNT NBR 15965. Esta prática permite que diversos padrões de parametrização sejam empregados exigindo a reconfiguração das regras de verificação frente aos padrões adotados para cada escritório de modelagem, quando utilizada. A pesquisa contribuiu com uma proposta de parametrização do modelo, visando gerar o menor impacto para os serviços de modelagem, mas que ao mesmo tempo pudesse ser eficaz e prático para execução das regras de verificação no SMC. Entretanto, esta medida se mostra eficaz apenas para este estudo de caso. Para uma parametrização alinhada entre as partes de forma que evite retrabalhos ao longo das etapas de uma obra, é fundamental que se adote uma parametrização padronizada e formalizada como as classificações citadas, norteando os *designers*, agregando valor para as etapas seguintes da obra por meio do aproveitamento da informação inserida.

Foi constatado que a configuração do Solibri Model Checker possui grande flexibilidade, permitindo diversas combinações de *rulesets*. Sua interface de utilização é intuitiva e além disso, ele possui funcionalidades interativas que auxiliam na compreensão da ferramenta. Contudo, vale ressaltar que a versatilidade desta ferramenta abre margem para configurações alternativas que podem realizar as mesmas verificações de maneira mais eficaz.

Além disso, a prática de modelagem também tem um grande potencial de impacto para a verificação de regras, tendo em vista que esta pesquisa não explorou a fundo todas as funcionalidades disponibilizadas pelo Revit. Com isso, a pesquisa constatou que a modelagem BIM e a verificação automática de regras são etapas interligadas e dependentes, e desta forma, é recomendado que atuem de forma conjunta no processo de verificação de requisitos de um projeto.

Com relação à verificação de regras, uma vez realizada a parametrização do modelo e classificação dos objetos, o SMC se mostrou eficiente realizando verificações de maneira rápida e assertiva. Entretanto, observando os resultados da pesquisa, foi constatado que a ferramenta

ainda atua em requisitos com menor complexidade. Somado a isso, apesar deste formato de regras com tabelas paramétricas contribuíram para facilitar a sua utilização, esta disposição acaba limitando a inserção de tipos e quantidades de variáveis para execução das checagens, impossibilitando configurações que poderiam atender requisitos mais complexos da Norma.

Para validação da ferramenta, a pesquisa optou por duas abordagens. A primeira foi por meio da inserção de parâmetros que induziram a ferramenta a encontrar não conformidades. A segunda foi através da modificação das propriedades dos elementos, criando-se um modelo viciado, de forma que pudesse ser obtido todos os resultados possíveis com a execução das *rulesets*. Desta forma, foram mitigados os casos de falso positivo ao se explorar o comportamento da ferramenta frente às diversas configurações e parametrizações do modelo. Aliado a isso, a utilização de duas unidades de análise permitiram uma maior confiabilidade nos resultados alcançados.

Foi constatado que a assertividade dos resultados gerados por meio do *code checking* depende fortemente de um mapeamento dos elementos e sua correta classificação dentro do SMC. Isso se deve ao fato da plataforma apenas indicar os resultados dos elementos selecionados para a verificação, conforme as configurações inseridas nas *rulesets*. Foi observado que em casos de análises de distâncias entre elementos ou quantificações de objetos que estão inseridos dentro dos ambientes a serem verificados, deve-se assegurar que todos os objetos envolvidos na verificação estão inclusos. Para os casos em que a regra de verificação esteja configurada para ser aplicada em objetos que não possuam a nomenclatura inserida na *ruleset*, eles serão ignoradas pelo SMC, sem gerar nenhum alerta nos resultados da verificação, dando a falsa impressão de que são casos que estão em conformidade com a Norma.

Com relação aos requisitos objetivos, as limitações do SMC puderam ser resumidas em 3 grupos: parâmetros não deriváveis do modelo, regras de verificação que envolvem a checagem de áreas livres no piso e tolerâncias aplicadas às distâncias entre elementos. Foi constatado que existem limitações no *code checking* que são impactadas pelas características dos objetos utilizados no programa de modelagem e outras, que são influenciadas pela impossibilidade de se alterar as premissas das regras de verificação, ocasionadas ao se restringir a configuração das *rulesets* por meio das tabelas paramétricas. Frente a estas dificuldades, constatou-se que a configuração desenvolvida alcançou uma automação de 18.75%, considerando apenas os requisitos completamente verificáveis.

Os requisitos subjetivos também impactam no processo de verificação automática de regras pois se configuram em casos em que os critérios de aceitação ou rejeição não estão claramente definidos, abrindo margens para diversas interpretações, resultando em checagens de projeto sem a garantia de aprovação. Sem esta garantia, a automação da verificação destes requisitos não podem ser alcançadas, podendo haver até maiores impactos para a aprovação de projeto onde são empregadas outras referências com maior nível de subjetividade, como por exemplo a Norma de Desempenho conforme abordada na pesquisa de Andrade e Silva (2016).

Para as pesquisas futuras, sugere-se que se estenda esta mesma abordagem de pesquisa para outras referências utilizadas no processo de aprovação de projetos, com a possibilidade

de se aplicar o *code checking*. Somado a isso, é possível realizar este estudo, empregando-se outros aplicativos de modelagem, bem como outras plataformas de verificação automática de regras aplicados em diversas unidades de análise. O processo de tradução, preparo do modelo e implementação de regras, envolve uma grande quantidade de variáveis que demandam um estudo aprofundado e extenso para o desenvolvimento de ferramentas completas e eficazes. Nesse sentido, vale ressaltar também que ao se realizar um mesmo estudo, pode-se alcançar resultados diferentes, tendo em vista a grande versatilidade no processo de preparo de modelo e configuração das *rulesets*.

Além disso, é possível explorar mais afundo as questões subjetivas contidas nestes documentos, no intuito de contribuir para futuras revisões que, ao mesmo tempo, atendam às necessidades propostas nos requisitos nela contidas mas retirando-se sua subjetividade de forma que viabilize a sua automação.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Modelagem BIM é alternativa para reverter cenário atual da construção civil. 2018.** Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/modelagem-bim-e-alternativa-para-reverter-cenario-atual-da-construcao-civil>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- ANDRADE, M.; RUSCHEL, R. **Gestão Tecnologia de Projetos.** Interoperabilidade de aplicativos bim usados em arquitetura por meio do formato ifc., v. 4, n. 2, p. 76 – 111, 2009.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15965 - Sistemas de Classificação das Informações da Construção.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.
- AZHAR, S. **Leadership and Management in Engineering.** Building information modeling (bim): Trends, benefits, risks, and challenges for the aec industry. [S.l.]: ASCE, 2011. cap. Capítulo M, p. 241–252.
- CATELANI, W.; SANTOS, E. T. **Normas brasileiras sobre BIM.** 2018. 54 - 59 p. Disponível em: <https://www.makebim.com/wp-content/uploads/2017/05/NORMAS-BIM-BRASIL.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2019.
- CHARETTE, R. P.; MARSHALL, H. E. **UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications, Cost, Estimating, and Cost Analysis.** 1999. Disponível em: <https://arc-solutions.org/wp-content/uploads/2012/03/Charette-Marshall-1999-UNIFORMAT-II-Elemental-Classification....pdf>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- DIAS, E.; ARANTES, E. **Interoperabilidade de Ferramentas de Modelagem Paramétrica em Projetos Industriais.** 2015. 35-42 p. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/101369>.
- EASTMAN, C. et al. **Automation in Construction.** Automatic rule-based checking of building designs. v. 18, n. 6, p. 1012 – 1017, 2009.
- EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** Porto Alegre, Rio Grande do Sul - Brasil: Bookman, 2014.
- KHEMLANI, L. **CORENET e-PlanCheck : Singapore’s code checking system.** 2018. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2018/CodeCheckingUpdates2018.html>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- MAINARDI NETO, A. I. **Verificação de regras para aprovação de projetos de arquitetura em BIM para estações de metrô.** São Paulo, São Paulo - Brasil: [s.n.], 2016. Nota sobre a Tese de Mestrado.
- MAKEBIM. **BIM e SOLIBRI para a administração pública.** 2017. Disponível em: <https://www.makebim.com/2017/06/12/bim-e-solibri-para-administracao-publica/>. Acesso em: 13 out. 2019.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo - Brasil, 2013.

NAWARI, O. **Journal of Architectural engineering**. Automating codes conformance, v. 4, n. 8, p. 315 – 323, 2012.

ONU. **Standard Rules on the Equalization of Opportunities for Persons with Disabilities**. 1993. 28p. p. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/standard-rules-on-the-equalization-of-opportunities-for-persons-with-disabilities.html>. Acesso em: 16 ago. 2019.

POÇAS MARTINS, J.; RANGEL, B.; ABRANTES, V. **Automated Rule-checking - A Tool for Design Development**. 2016. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/browse?type=author&value=Jo%C3%A3o+Pedro+Po%C3%A7as+Martins>. Acesso em: 16 ago. 2019.

RODRIGUES, J. P. **Utilização de Modelos BIM para Verificação Automática de Projetos**. PORTO - Portugal: [s.n.], 2015. Nota sobre a Tese de Mestrado.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L.; MORAIS, M. **Automation in Construction**. O ensino de bim no brasil: onde estamos?, v. 13, n. 2, p. 151 – 165, 2013.

SOLIBRI, I. **Solibri Model Checker help and tutorials**. 1999. Disponível em: <https://www.solibri.com/learn/solibri-model-checker-v9-8-help-and-tutorials>. Acesso em: 13 set. 2019.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. **Automation in Construction**. Classification of rules for automated bim rule checking development, v. 53, n. 2, p. 69 – 82, 2015.

SUCCAR, B. **Automation in Construction**. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, v. 18, p. 357 – 375, 2009.