

**SBTIC
2019**

VIRTUALIZAÇÃO INTELIGENTE

NO PROJETO E NA CONSTRUÇÃO

2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia

da Informação e Comunicação na

Construção

UNICAMP | 19 a 21 de agosto

AUTOMAÇÃO DE VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADES EM LICENCIAMENTOS DE PROJETOS EM BIM: UMA PROPOSTA PARA A GESTÃO PÚBLICA

Automated compliance checking in building permit regulatory services based on Building Information Modeling: a proposal for public administration

Denise Aurora Neves Flores

Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, MG | denise@deniseaurora.com

Eduardo Marques Arantes

Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, MG | arantes@dcmc.ufmg.br

RESUMO

Os projetos de construção no Brasil ainda são verificados manualmente gerando, muitas vezes, processos de licenciamentos subjetivos, morosos e exaustivos. Estas ocorrências, geralmente, levam ao cancelamento de projetos, quando empresários decidem por declinar de negócios. Este cenário impacta diretamente no desempenho econômico da construção civil. Algumas tentativas de melhorar esses processos de aprovação ainda se limitam à simples digitalização de desenhos 2D em sistemas CAD, que são enviados ao órgão licenciador, melhorando apenas os processos de impressão e processamento físico. A análise de conformidades, porém, mantém-se no método manual. Com a Modelagem da Informação da Construção na indústria AECO, torna-se mais viável a pesquisa e aplicações de sistemas automatizados de verificação de conformidade em processos de licenciamento de projetos. O presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados parciais de uma pesquisa de mestrado em andamento, que trouxe a indicação de uma hipótese relevante como pressuposto para os processos de verificação automática. A pesquisa propõe compreender e criar métodos efetivos de aplicação dos requisitos normativos nas regras computacionais, a fim de possibilitar o sistema de verificação automatizada em licenciamento de projetos, bem como indicar o possível desdobramento da aplicação da Tecnologia da Informação e Comunicação aplicada à construção 4.0.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção; Verificação automatizada de conformidade; Administração pública; Cidades Inteligentes.

ABSTRACT

The construction projects in Brazil are still manually verified and there are several occurrences of projects canceled or burdened by inexhaustible, subjective and exhausting approvals. Situations that often lead entrepreneurs to decline business options and have a major economic impact on the construction industry. Some attempts to improve these approval processes are still limited to the simple digitization of 2D drawings in CAD systems, which are sent to a licensing agency system, improving only the printing and physical processing processes, while remaining the entire compliance analysis in the traditional method. With Building Information Modeling in the AECO industry become more feasible the research and applications of automated compliance checking systems in building permit regulatory services. The present article aims to present the partial results of an ongoing Master's research, which brought the indication of a relevant hypothesis as a presupposition to the automatic verification processes. The research proposes to understand and create effective methods of applying the normative requirements in computational rules in order to enable the automated compliance checking system in the analysis and licensing of projects, as well as to indicate the possible unfolding of the application of Technology of Information and Communication applied to Construction 4.0.

Keywords: Building Information Modeling; Automated compliance checking; Public administration; Smart Cities.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Souza (2015), a média do PIB da Indústria da Construção Civil representa cerca de 5% e, apesar de sensível às oscilações políticas e econômicas, mantém grande representatividade na economia nacional.

Um dos maiores problemas da Construção Civil é a morosidade no licenciamento de obras. De acordo com Ariadne (2016), um levantamento da ABRAINC aponta que atrasos e dificuldades entre a aprovação de um projeto e sua entrega, elevam o custo final do imóvel em até 12%. Considerando o total movimentado com financiamentos habitacionais, só em 2015, as perdas chegam a R\$ 15,21 bilhões.

Por um lado otimista, observa-se a chegada da Indústria 4.0, onde a inovação central é a digitalização da informação. Com a chegada da tecnologia BIM – Building Information Modeling, ou Modelagem da Informação da Construção, a construção civil passa a ter sua chance de entrada na era digital.

Succar (2009) entende a adoção do BIM como um processo de longo prazo, a ser desenvolvido em estágios. O Governo Federal do Brasil, com o intuito de promover a modernização e a transformação digital da construção, criou o Comitê Estratégico de Implementação do BIM para formular uma estratégia que pudesse alinhar as ações e iniciativas do setor público e do privado, impulsionar a utilização do BIM no país e garantir um ambiente adequado para seu uso. Em 17/05/2018, foi assinado o decreto nº 9.377/18 que escalona a Estratégia BIM BR em três fases:

I. A partir de janeiro de 2021: foco em projetos de arquitetura e de engenharia para construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM.

II. A partir de janeiro de 2024: contemplar algumas etapas que envolvem a obra, como o planejamento da execução da obra, orçamentação, para construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância.

III. A partir de janeiro de 2028: todo o ciclo de vida da obra ao considerar atividades do pós-obra. Nesta fase, o BIM será aplicado, no mínimo, nas construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações (...). (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS, 2018).

Entende-se que assim, a quantidade de projetos de obras públicas em modelos virtuais BIM, sofrerá um aumento significativo e, por conseguinte, os próprios órgãos licenciadores terão uma expressiva demanda de trabalho.

1.1 Verificação automática de parâmetros normativos

Diante às possibilidades que o BIM apresenta, o processo tradicional de análise de aprovação de projetos mostra-se ultrapassado, sendo realizado de maneira visual, manual e dependente da interação e conhecimento de seus analistas, resultando em morosidade e subjetividades. Já a análise de projetos em BIM se beneficia das informações digitais fornecidas pelo modelo 3D paramétrico e pelas verificações realizadas por *softwares* programáveis.

A verificação automática de parâmetros é capaz de analisar modelos de construção virtual BIM, podendo contribuir, tanto na garantia da conformidade dos projetos, quanto em relação ao tempo que os analistas demandam para realizar essa função.

Alguns *softwares* disponíveis no mercado, como o *Solibri Model Checker (SMC)*, pode automatizar as verificações contribuindo para eliminar a subjetividade, aumentando a transparência, confiabilidade e agilidade dos processos.

De acordo Andrade e Silva (2017), a aplicação da verificação automática de parâmetros da NBR 15.575/13 em um empreendimento de edificação, constatou redução de 60% no tempo de conferência dos projetos e 22% a mais de não conformidades comparado a conferência manual.

O presente artigo objetiva apresentar os resultados parciais de uma pesquisa de Mestrado em curso, que trouxeram a indicação de uma hipótese relevante como pressuposto aos processos de verificações automáticas.

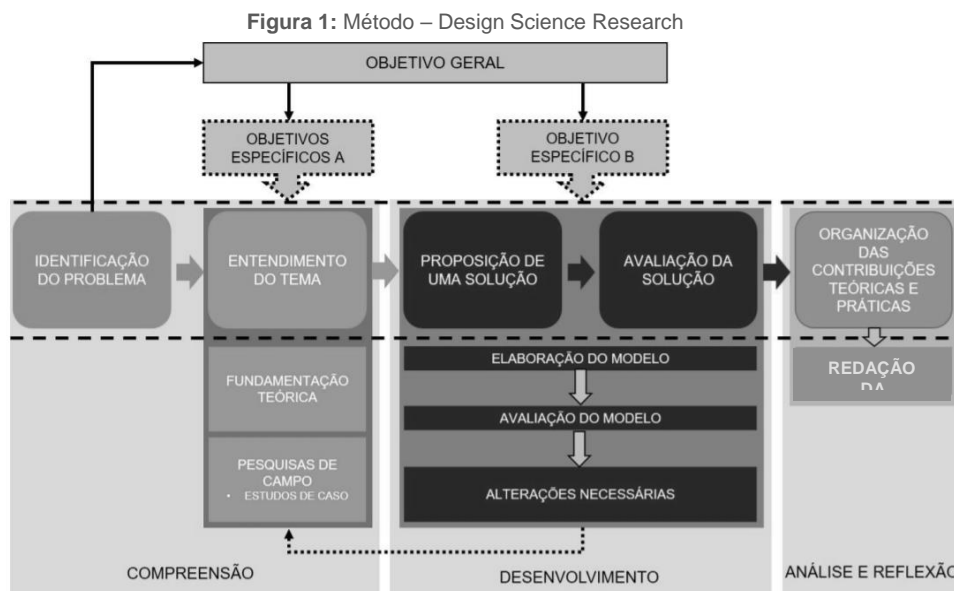
A pesquisa em questão pretende desenvolver instrumentos (constructo) para a implantação do uso de BIM na verificação automática de regras, sendo:

1. Propor um **protocolo** que garanta a tradução das diretrizes normativas para uma linguagem computacional;
2. Testar e validar **um modelo** que confira a um determinado órgão licenciador de projetos uma ferramenta (conjunto de regras) para automação de verificação de conformidade em licenciamento de projetos em modelos BIM.

2 MÉTODO DE PESQUISA

O método de abordagem é a pesquisa construtiva - *constructive research*, que se desenvolve nas etapas:

- 1) Encontrar um problema prático relevante;
- 2) Examinar o potencial de pesquisa;
- 3) Obter conhecimento teórico e prático da área;
- 4) Propor uma solução;
- 5) Implementar e testar a solução;
- 6) Ponderar sobre sua aplicabilidade.



Fonte: adaptado de Andrade e Silva (2017).

Considerando atendidas as etapas: 1 (Encontrar um problema prático relevante) e 2 (Examinar o potencial de pesquisa da pesquisa construtiva), os autores vêm apresentar a etapa 3 da pesquisa (Obter de conhecimento teórico e prático do tema), através do estudo de caso a seguir:

2.1 Conhecimento teórico e prático sobre a aplicabilidade da verificação automática de regras em um projeto arquitetônico de saúde

Procedimentos adotados:

- Seleção do projeto a ser analisado

O enfoque desta pesquisa não é analisar o mérito de qualquer solução técnica. Busca-se fazer um recorte realístico, sobretudo no que diz respeito aos projetos públicos, da aplicabilidade da verificação automatizada. Assim, o objeto selecionado para este teste foi a arquitetura da tipologia da Unidade Básica de Saúde (UBS) - Porte IV, do Ministério da Saúde do Brasil, que propõe:

Projetos de arquitetura padronizados para a construção de Unidades Básicas de Saúde no país estão sendo oferecidos aos gestores pelo Ministério da Saúde. (...) O Ministério da Saúde também **dobrou o padrão de qualidade das UBS**. O tamanho da estrutura também foi ampliado, de 155 para 300 metros quadrados. (...) São disponibilizadas plantas completas para os quatro portes das UBS: I, II, III e IV (variando conforme o mínimo de equipes de Atenção Básica: uma, duas, três e quatro respectivamente). (GOVERNO DO BRASIL, 2017).

- Seleção das regras de conformidades específicas a serem automatizadas
 - Grupo A - Áreas físicas e quantidades dos ambientes

A Portaria 1.903, de 04/09/2013, do MS, define áreas físicas e quantidades de ambientes para cada tipologia UBS, mas não menciona regras quanto aos padrões de qualidade.

Tabela 2: Unidade Básica de Saúde

UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE													
Nº	AMBIENTES	1 EQUIPE DE ATENÇÃO BÁSICA			2 EQUIPES DE ATENÇÃO BÁSICA			3 EQUIPES DE ATENÇÃO BÁSICA			4 EQUIPES DE ATENÇÃO BÁSICA		
		Qtd. (un)	Área unit. (m²)	Área total (m²)	Qtd. (un)	Área unit. (m²)	Área total (m²)	Qtd. (un)	Área unit. (m²)	Área total (m²)	Qtd. (un)	Área unit. (m²)	Área total (m²)
1	Sala de recepção e espera	15 pessoas			30 pessoas			45 pessoas			60 pessoas		
		1	23	23	1	45	45	1	68	68	1	90	90
2	Sanitário para pessoa com deficiência	2	2,55	5,1	2	2,55	5,1	3	2,55	7,65	3	2,55	7,65
3	Sala de imunização	1	9	9	1	9	9	1	9	9	1	9	9
4	Farmácia (estocagem/dispensação de medicamentos)	1	14	14	1	14	14	1	14	14	1	16	16
5	Consultório indiferenciado /Acolhimento	2	9	18	3	9	27	4	9	36	5	9	45
6	Consultório com sanitário anexo	1	9	9	2	9	18	2	9	18	3	9	27
6.1	Sanitário do consultório (pessoa com deficiência)	1	2,55	2,55	1	2,55	2,55	1	2,55	2,55	2	2,55	5,1
6.2	Sanitário do consultório	0	0	0	1	1,6	1,6	1	1,6	1,6	1	1,6	1,6
7	Consultório odontológico												
7.1	Consultório odontológico para 2 Equipos	1	20	20	2	20	40	1	20	20	0	0	0
7.2	Consultório odontológico para 3 Equipos	0	0	0	0	0	0	1	30	30	2	30	60
8	Sala de inalação coletiva	4 pacientes			4 pacientes			6 pacientes			6 pacientes		
		1	6	6	1	6	6	1	9	9	1	9	9
9	Sala de coleta	0	0	0	0	0	0	1	4	4	1	4	4
10	Sala de curativos	1	9	9	1	9	9	1	9	9	1	9	9
11	Sala de observação (curta duração)/Procedimento/Coleta	1	10	10	1	10	10	0	0	0	0	0	0
11.1	Banheiro da sala de observação	1	4,8	4,8	1	4,8	4,8	0	0	0	0	0	0
12	Sala de observação (curta duração)/Procedimento	0	0	0	0	0	0	1	10	10	1	10	10
12.1	Banheiro da sala de observação	0	0	0	0	0	0	1	4,8	4,8	1	4,8	4,8
13	CME simplificada - tipo I												
13.1	Expurgo	1	5	5	1	5	5	1	5	5	1	5	5
13.2	Sala de esterilização/estocagem de material esterilizado	1	5	5	1	5	5	1	5	5	1	5	5
14	Sala de administração e gerência	1	7,5	7,5	1	7,5	7,5	1	12,5	12,5	1	12,5	12,5
15	Sala de atividades coletivas/Sala de ACS	1	20	20	1	20	20	1	25	25	1	30	30
16	Almoxarifado	1	2,8	2,8	1	3	3	1	3	3	1	4	4
17	Copa	1	4,5	4,5	1	4,5	4,5	1	6	6	1	6	6
18	Banheiro para funcionários	1	3,5	3,5	2	3,5	7	2	3,5	7	2	3,5	7
19	Depósito de material de limpeza (DML)	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	4
20	Abrigo externo de resíduos sólidos												
20.1	Depósito de Resíduos Comuns	1	1	1	1	1,4	1,4	1	2,3	2,3	1	2,3	2,3
20.2	Depósito de Resíduos Contaminados	1	1	1	1	1,2	1,2	1	1,5	1,5	1	2	2
20.3	Depósito de Resíduos Recicláveis	1	1	1	1	1,2	1,2	1	1,5	1,5	1	2	2
21	Área externa para embarque e desembarque de ambulância	1	21	21	1	21	21	1	21	21	1	21	21

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE (2013).

- Grupo B – Qualidade padrão AVALHOSP

A fim de tornar este método de análise o mais íntegro possível, optou-se por incluir uma referência para a verificação de qualidade do projeto. Segundo SAMPAIO E CHAGAS (2010) o AVALHOSP, é um instrumento

simplificado de auxílio à avaliação e elaboração de projetos hospitalares ou de ambientes da saúde. Trata-se de uma tabela composta por cinco categorias de aspectos: sustentabilidade, conforto/qualidade, funcionais, construtivos e estéticos. Os mesmos autores propõem a reformulação da tabela, conforme o que consideram mais relevante.

Tabela 2: Qualidade ambientes saúde

1. CONFORTO TÉRMICO		Sim	Não	Não sei
1.1. Insolação	As aberturas estão orientadas adequadamente com relação à orientação			
	Estão previstas proteções externas para as aberturas orientadas inadequadamente			
	As espessuras dos fechamentos e os materiais especificados são adequados ao clima local			
	Há preferência por cores claras para uma maior reflexão e menor absorção da energia solar - regiões de clima quente			
1.2. Ventilação	Há preferência pela ventilação natural ao condicionamento artificial			
	São indicadas janelas que possibilitam uma ventilação eficiente - passando pela zona de ocupação, para as épocas quentes			
	São indicadas janelas que possibilitam uma ventilação higiênica - alta, acima da zona de ocupação, para as épocas frias			
	As janelas têm caixilhos que impedem a infiltração de ar e/ou chuva quando fechadas, nas épocas frias			
	As janelas possuem sistemas de abertura que permitem a máxima entrada de ar nos períodos de calor (direção do vento)			
1.3. Temperaturas internas	É dada atenção especial aos ambientes em que os pacientes se despem ou usam apenas as "vestimentas hospitalares" para serem examinados			
	Há fontes de calor provenientes de equipamentos, lâmpadas especiais, pessoas, fechamentos envidraçados, paredes expostas à grande insolação no ambiente			
2.CONFORTO LUMINOSO E VISUAL		Sim	Não	Não sei
2.1. Iluminação natural	São previstas grandes aberturas com vidros transparentes para permitir a entrada de luz natural nos ambientes de permanência prolongada			
	São utilizadas cores claras em caixilhos, paredes, pisos e superfícies externas próximas às aberturas			
	É prevista a colocação de persianas internas - de preferência de comando pelos próprios pacientes - para diminuir a claridade excessiva quando necessário			
2.2. Iluminação artificial	São especificadas luminárias com aletas para evitar ofuscamento no campo visual do usuário			
	São respeitados os campos visuais dos pacientes, deitados em macas, na colocação de luminárias no teto de corredores e salas de exames			
	São especificadas lâmpadas eficientes, de bom rendimento e IRC compatível com a função desenvolvida no ambiente			

Tabela 2: Qualidade ambientes saúde (continuação)

3.CONFORTO ACÚSTICO		Sim	Não	Não sei	
3.1. Ruídos internos	Há um zoneamento espacial com a setorização dos ambientes de atividades ruidosas e ambientes tranquilos que necessitam de silêncio				
	Nos ambientes que abrigam equipamentos ruidosos há um tratamento acústico - piso flutuante, isolamento acústico - e setorização adequada				
	Há especificação de materiais com absorção sonora nos ambientes de permanência prolongada				
	Há especificação de materiais com absorção sonora nos pisos dos corredores e de salas próximas				
3.2. Ruídos externos	Os fechamentos possibilitam o isolamento de ruídos de fontes externas como carros, aviões e outros				
	Há vegetação externa localizada estrategicamente para a atenuação de ruídos pelas suas características não reverberantes				
4.QUALIDADE DO AMBIENTE		Sim	Não	Não sei	
4.1. Infecção hospitalar	Há barreiras físicas em áreas críticas				
	São especificados materiais laváveis e resistentes a desinfetantes				
	Há rodapés e elementos embutidos sem ressaltos nas paredes				
	Há lavatórios e/ou elementos de higienização no ambiente				
4.2. Ar condicionado	Há uma manutenção periódica nos sistemas de ar condicionado				
	A especificação de condicionamento artificial do ar é feita apenas nos ambientes onde é exigido por norma				
	Os vidros das janelas dos ambientes com condicionamento artificial, para melhor eficiência, são bem vedados				
4.3. Materiais	São especificadas tintas, revestimentos, solventes de baixa emissão de COV's - compostos orgânicos voláteis				
	São especificados materiais alternativos aos de PVC				
	Os revestimentos são de fácil limpeza e laváveis				
	Os revestimentos são duráveis e resistentes ao uso de desinfetantes				
5. HUMANIZAÇÃO		Sim	Não	Não sei	
5.1. Cores	São utilizadas cores variadas nas paredes, tetos e pisos para tornar os ambientes humanos, aconchegantes e tranquilos				
	São propostos painéis, quadros coloridos e obras de arte				
	É utilizada iluminação colorida				
5.2. Dignidade	A disposição dos leitos com relação às áreas comuns permite a privacidade do paciente				
	Os sanitários estão localizados próximos aos leitos				
	Há privacidade visual e acústica do paciente durante	Exames			
		Higiene			
		Visitas			
	É dada ao paciente a opção de	ver TV			
ouvir música					
Ler					

Tabela 2: Qualidade ambientes saúde (continuação)

		visualizar um relógio e/ou calendário ((noção de tempo cronológico)			
		Há abertura para o exterior (noção de tempo meteorológico)			
5.3. Aberturas		Os ambientes têm janelas que permitam aos usuários (pacientes, equipe médica e enfermagem) a visualização de cenas e paisagens do exterior			
		Há fácil acesso a áreas externas ajardinadas, sombreadas e com bancos para que os pacientes possam se sentar			

Fonte: SAMPAIO E CHAGAS (2010)

- Modelagem BIM da Arquitetura

Para que um *software* BIM seja capaz de operar, é requisito que o modelo virtual atenda, segundo BARISON E SANTOS (2016), as características de ser uma representação digital 3D e paramétrica das características físicas e funcionais de uma edificação.

Respeitando estes critérios, para fins de análises deste estudo, foi produzido um modelo virtual paramétrico da arquitetura da tipologia UBS-IV, incluindo o layout original.

Figura 2: Modelo UBS-IV



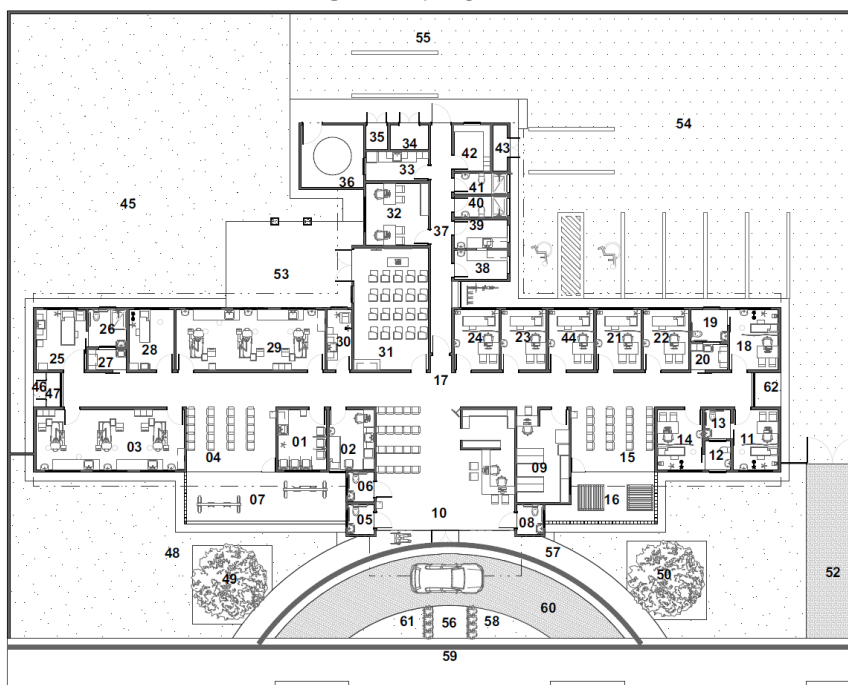
Fonte: os autores.

Figura 3: Layout UBS-IV



Fonte: os autores

Figura 4: Tipologia UBS-IV



Fonte: os autores

Figura 5: Ambientes UBS-IV

LEGENDA AMBIENTES			
NÚMERO	AMBIENTE	ÁREA (m ²)	CLASSIFICAÇÃO
01	SALA DE INALAÇÃO COLETIVA	9,80	Áreas Internas
02	SALA DE VACINAS	9,10	Áreas Internas
03	CONSULTÓRIO ODONTOLÓGICO	30,10	Áreas Internas
04	SALA DE ESPERA INTERNA (20 CADEIRAS)	18,80	Áreas Internas
05	SANITÁRIO PCD	2,55	Áreas Internas
06	SANITÁRIO PCD	2,55	Áreas Internas
07	ÁREA DESCOBERTA PLAYGROUND	26,22	Áreas Internas
08	SANITÁRIO PCD	2,55	Áreas Internas
09	ESTOCAGEM/DISPENSAÇÃO DE MEDICAMENTOS	16,24	Áreas Internas
10	SALA DE RECEPÇÃO E ESPERA (20 CADEIRAS)	57,20	Áreas Internas
11	CONSULTÓRIO C/ SANIT. ANEXO 02	9,10	Áreas Internas
12	SANITÁRIO DO CONSULTÓRIO	2,61	Áreas Internas
13	SANITÁRIO PCD	2,69	Áreas Internas
14	CONSULTÓRIO C/ SANIT. ANEXO 01	9,10	Áreas Internas
15	SALA DE ESPERA INTERNA (20 CADEIRAS)	17,70	Áreas Internas
16	ÁREA DESCOBERTA PLAYGROUND	15,25	Áreas Internas
17	CIRCULAÇÃO	81,20	Áreas Internas
18	CONSULTÓRIO C/ SANIT. ANEXO 03	9,80	Áreas Internas
19	SANITÁRIO PCD	4,02	Áreas Internas
20	DML	3,27	Áreas Internas
21	CONSULTÓRIO INDIFERENCIADO / ACOLHIMENTO 04	9,10	Áreas Internas
22	CONSULTÓRIO INDIFERENCIADO / ACOLHIMENTO 05	9,10	Áreas Internas
23	CONSULTÓRIO INDIFERENCIADO / ACOLHIMENTO 02	9,10	Áreas Internas
24	CONSULTÓRIO INDIFERENCIADO / ACOLHIMENTO 01	9,10	Áreas Internas
25	SALA DE PROCEDIMENTO	10,15	Áreas Internas
26	BANHEIRO PCD	4,87	Áreas Internas
27	DML	2,76	Áreas Internas
28	SALA DE CURATIVOS	9,10	Áreas Internas
29	CONSULTÓRIO ODONTOLÓGICO	30,10	Áreas Internas
30	SALA DE COLETA	4,90	Áreas Internas

LEGENDA AMBIENTES			
NÚMERO	AMBIENTE	ÁREA (m ²)	CLASSIFICAÇÃO
31	SALA DE ATIVIDADES COLETIVAS / ACS	30,53	Áreas Internas
32	SALA DE ADMINST. E GERÊNCIA	12,96	Áreas Internas
33	COPA	6,12	Áreas Internas
34	DEP. RESÍDUOS REICLÁVEIS	3,34	Áreas Internas
35	DEP. RESÍDUOS COMUNS	1,90	Áreas Internas
36	CISTERNA	12,96	Áreas Internas
37	CIRCULAÇÃO	16,50	Áreas Internas
38	SALA DE ESTERIL. E GUARDA DE MAT. EST.	5,12	Áreas Internas
39	EXPURGO	5,12	Áreas Internas
40	BANHEIRO FUNCIONÁRIO MASC.	3,72	Áreas Internas
41	BANHEIRO FUNCIONÁRIO FEM.	3,72	Áreas Internas
42	ALMOXARIFADO	5,57	Áreas Internas
43	DEP. RESÍDUOS CONTAMINADOS	2,57	Áreas Internas
44	CONSULTÓRIO INDIFERENCIADO / ACOLHIMENTO 03	9,10	Áreas Internas
45	JARDIM	264,60	Áreas Externas
46	JARDIM	1,44	Áreas Externas
47	COMPRESSOR	1,60	Áreas Internas
48	JARDIM	107,97	Áreas Externas
49	JARDIM	7,07	Áreas Externas
50	JARDIM	7,07	Áreas Externas
51	JARDIM	73,73	Áreas Externas
52	VIA DE ACESSO	30,45	Áreas Externas
53	ÁREA COBERTA PARA ATIVIDADES	37,48	Áreas Externas
54	ESTACIONAMENTO DESCOBERTO	362,07	Áreas Externas
55	ÁREA DE CARGA E DESCARGA	68,75	Áreas Externas
56	CALÇADA	3,77	Áreas Externas
57	CALÇADA	126,42	Áreas Externas
58	JARDIM	5,68	Áreas Externas
59	PASSEIO PÚBLICO	148,50	Áreas Externas
60	VIA DE VEÍCULOS	54,16	Áreas Externas
61	JARDIM	5,68	Áreas Externas
62	JARDIM	3,00	Áreas Externas

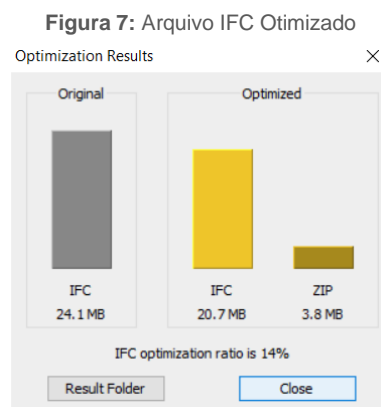
Fonte: os autores.

- Otimização para interoperabilidade

ELLWANGER et al. (2016) consideram a interoperabilidade a capacidade que um sistema apresenta para interagir com outros sistemas. Assim foi gerando um arquivo do tipo IFC2X3, operável pelo SMC¹. Para melhorar o desempenho, ele foi otimizado na ferramenta Solibri IFC Optimizer:



Fonte: os autores



Fonte: os autores

- Checagem de qualidade do modelo BIM

Compõe o fluxo de trabalho padrão do SMC a análise de qualidade dos modelos BIM, com aplicação de regras essenciais padrão, a fim de verificar sua integridade e condições para análises de regras específicas:

Definição da função de análise

Essencialmente seleciona um grupo de recursos (Conjuntos de Regras, Classificações e Decisões de Informações) que auxiliarão na execução do SMC.

Seleção dos conjuntos de regras essenciais

BIM Validation - Architectural

Utiliza-se para validar a qualidade geral dos modelos de arquitetura. Contém regras para QA/QC (Garantia e Controle de Qualidade) e extrações de informações. É altamente recomendável antes de qualquer análise avançada, como extração de quantitativos, análises de fuga, verificação de códigos de construção.

General Space Check

Verifica problemas relacionados à modelagem dos espaços. Algumas regras, como as relacionadas às características ambientais, podem exigir a correta identificação destes espaços.

Building Elements - General Classification

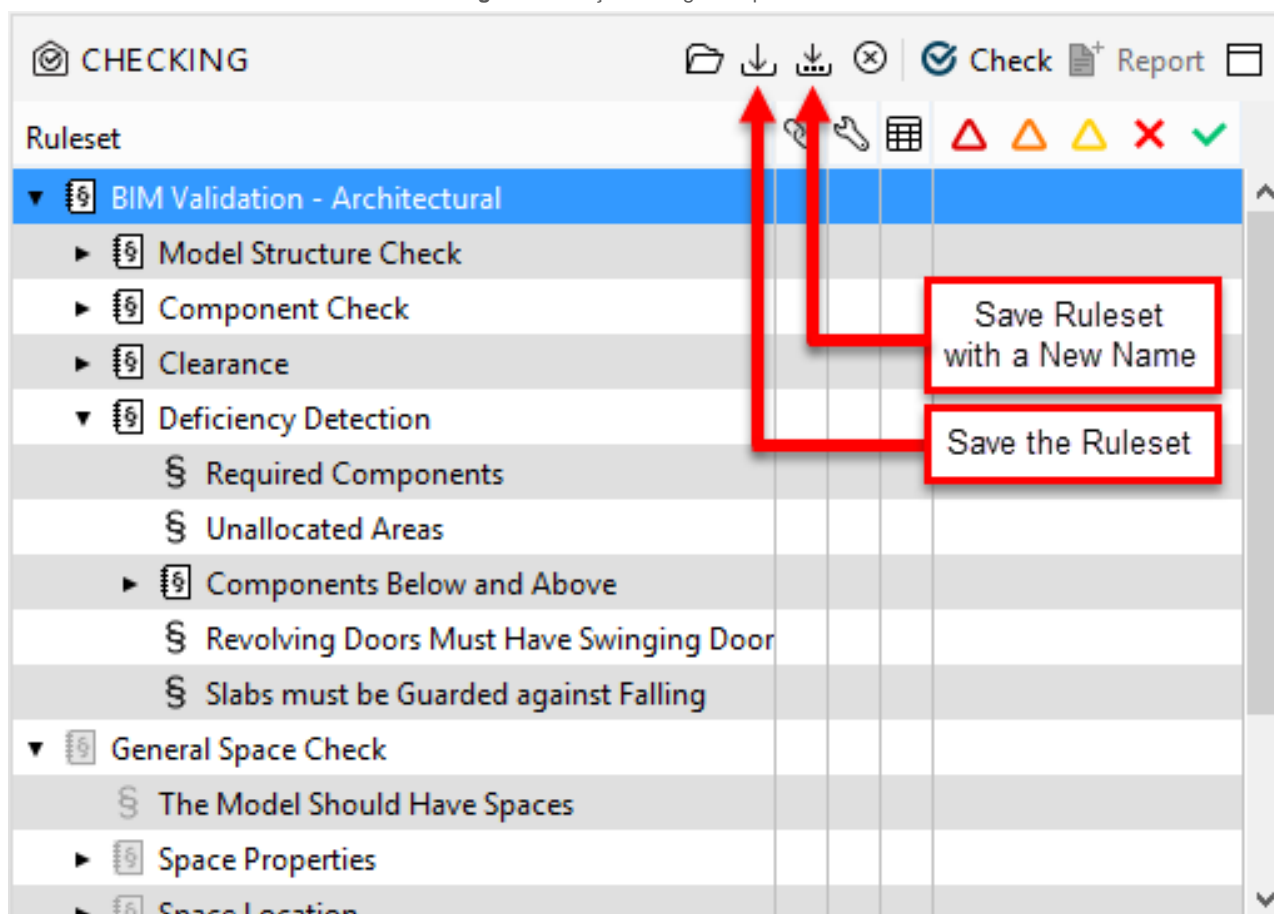
Para a checagem dos conjuntos de regras, o SMC precisa diferenciar os espaços e/ou componentes uns dos outros, através das propriedades paramétricas. Sem classificações, o *software* não consegue operar as regras nos espaços /componentes não classificados.

- Aplicação das regras de conformidades específicas

Regras específicas dependem de criação e podem ser geradas a partir do zero ou adicionando, removendo e/ou modificando parâmetros de um conjunto de regras existente no SMC.

¹ Software Solibri Model Checker

Figura 8: Criação de regras específicas



Fonte: SOLIBRI (2019)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de caso objetivou verificar as condições de aplicabilidade da verificação automatizada de regras de conformidade em um projeto aleatório, mas relevante.

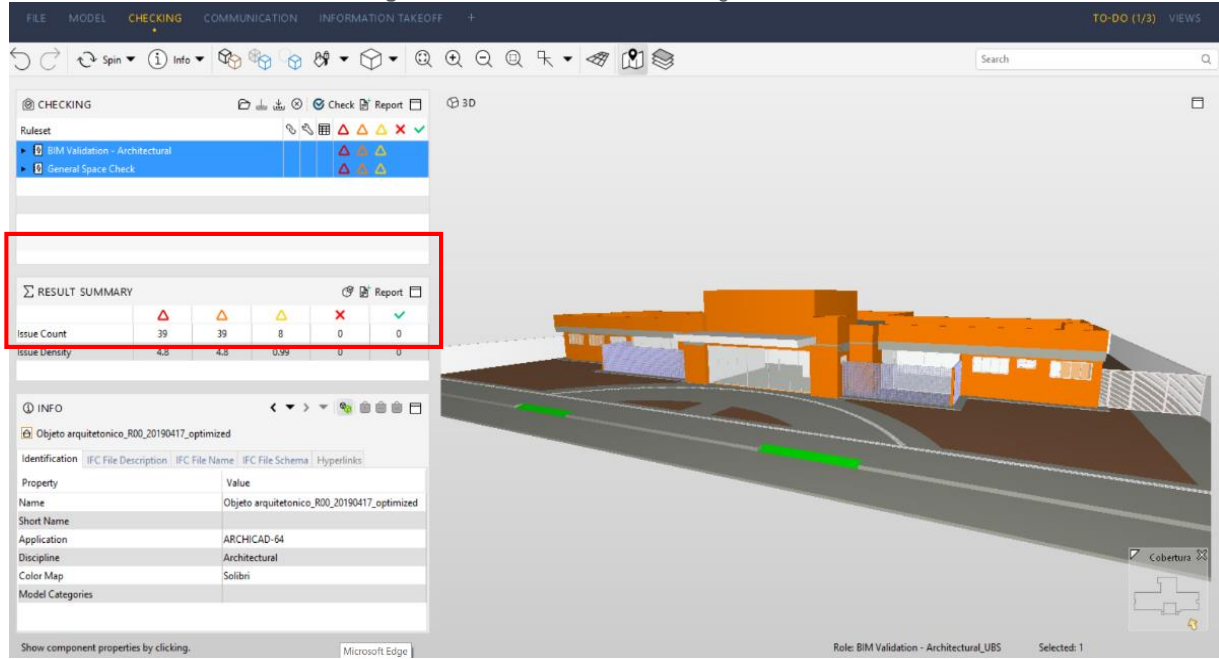
Seguindo os procedimentos, após selecionar o projeto para análise e regras a verificar (1º e 2º), preparou-se o modelo virtual (3º e 4º) e foi analisada a qualidade do modelo (5º), se estaria apto ao teste de aplicabilidade de automatização (6º).

No 5º processo, tem-se que:

- A visualização *Result Summary* informou as contagens de problemas agrupados por sua gravidade.
- A análise também forneceu a *Issue Density* (número de problemas proporcional ao volume do modelo em metros cúbicos).
- A contagem demonstra uma baixa densidade de problemas na análise essencial (figura 9). Estas foram avaliadas pontualmente e, a partir do relatório (apresentado parcialmente na figura 10), pôde-se constatar que a maioria das questões detectadas não estavam relacionadas à qualidade da modelagem, mas às configurações do *layout* original e *General Classification*.

Na classificação dos componentes pode-se observar (figuras 11 e 12), que apenas 6% de componentes não estavam classificados. Este resultado deve-se à qualidade da modelagem que seguiu um padrão de classificação. Conclui-se que a classificação de componentes não seria impeditiva à aplicabilidade de automatização das regras específicas.

Figura 9: Resultados das análises regras essenciais



Fonte: os autores

Figura 10: Amostra do detalhamento das análises de regras

SOLIBRI		Summary Report 1					
Model Name	Objeto arquitetónico_R00_20190417_optimized Version: 9.8						
Date	April 17, 2019						
Objeto arquitetónico_R00_20190417_optimized	Application: ARCHICAD-64 IFC: IFC2X3						
RuleSet	Rule	Description	Rule Support Tag	All Issues	Critical Issue	Moderate Issues	Low Severity Issues
BIM Validation - Architectural		This Ruleset includes rules to validate BIM models in general. This Ruleset does not check intersections between components nor spaces (there are other Rulesets for them)PLEASE NOTE: This check should be done before any further analysis of the model!		55	29	19	7
Component Check		The ruleset checks that components have reasonable dimensions and they have located in a correct way.		0	0	0	0
	Floor Heights	This rule checks distances between intermediate slabs (= floor free height). Checked slabs are selected by using Building Elements classification (see Classification View).	SOL/220/2.1	0	0	0	0
Component Dimensions		This rule set checks components' dimensions.		0	0	0	0
Wall Dimensions Should Be Sensible		This ruleset checks that wall dimensions are sensible (thickness is not too small or large, length and height are large enough).		0	0	0	0
	Wall Height	This rule checks that wall height is big enough.	SOL/230/1.1	0	0	0	0
	Wall Thickness	This rule checks that wall thickness is not too small or too large,	SOL/230/1.1	0	0	0	0
	Wall Length	This rule checks that wall height is big enough.	SOL/230/1.1	0	0	0	0
	Wall Opening Distances	This rule checks openings in exterior walls. It checks distances between openings and wall edges. Note that rule checks only wall defined as exterior walls in Building elements classification (see Classification View).	SOL/216/2.0	0	0	0	0
Door And Window Openings Must Have at Least Minimal Size		This ruleset checks the width and the height of windows and doors.		0	0	0	0
	Window Width	This rule checks the width of windows.	SOL/230/1.1	0	0	0	0
	Window Height	This rule checks the height of windows.	SOL/230/1.1	0	0	0	0
	Door Width	This rule checks the width of doors.	SOL/230/1.1	0	0	0	0
	Door Height	This rule checks the height of doors.	SOL/230/1.1	0	0	0	0
Slab Dimensions Should Be Sensible		This ruleset checks that slab dimensions are sensible (thickness is not too small or large, area is large enough).		0	0	0	0
	Slab Area	This rule checks that slab area is not very small.	SOL/230/1.1	0	0	0	0

Fonte: os autores

Figura 11: Exemplo de componentes classificados

Classification Settings (Building Elements - ...)

Settings Classification Rules Unclassified Components Classified Components

Refresh [Icon] + Set X Remove

Component	Type	Layer	...	Ps...	Classification Name	Source
Beam	Concreto 150 x 400	Est Viga			Beams	From Classification Rules
Beam	Concreto 400 x 400	Est Viga			Beams	From Classification Rules
Column	Concreto 400 x 400	Est Pilar			Columns	From Classification Rules
Door	Porta 21	Arq Alvenaria			Interior Doors	From Classification Rules
Door	Porta de Correr Exterior 21	Arq Alvenaria			Interior Doors	From Classification Rules
Door	Porta Dupla 21	Arq Alvenaria			Interior Doors	From Classification Rules
Furniture	Banco de Bar 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Barra de Apoio 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Cabine de Chuveiro 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Cadeira Escritório 05 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Homem Cadeira de Rodas 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Lavatório 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Maca Médica 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Modelo de Jarro com Planta 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Modelo de Árvore Simples 2 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Piso Podotatil Direcional	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Porta Bicicletas 02 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Posto Trabalho Isolado 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Vaso Sanitário 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Furniture	Vaso Sanitário Acessível 21	Arq Layout			Fixed Furnishings	From Classification Rules
Sanitary Terminal	Bloco de Alvenaria - Estrutural	Hid Sanitario			Plumbing Fixtures	From Classification Rules
Suspended Ceiling	Cascalho 150	Est Laje			Suspended Ceilings	From Classification Rules

OK Cancel

Fonte: os autores.

Figura 12: Exemplo de componentes não-classificados

Classification Settings (Building Elements - ...)

Settings Classification Rules Unclassified Components Classified Components

Refresh [Icon] + Set X Remove

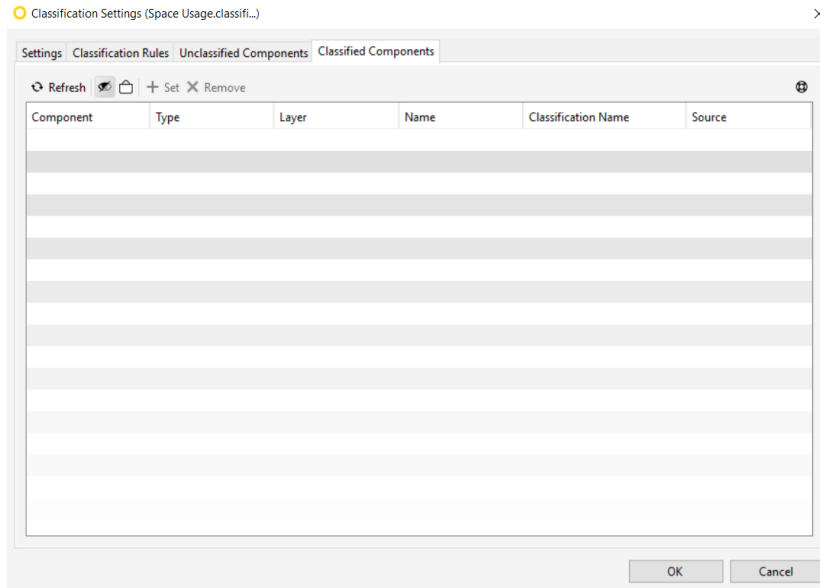
Component	Type	Layer	Pset_WallCommon.LoadBearing	Pset_*Common.IsExternal	Classification Name
Member	Bicicleta 21	Arq Layout			
Member	Carro Compacto...	Arq Layout			
Member	Vaga Estaciona...	Arq Layout			

OK Cancel

Fonte: os autores.

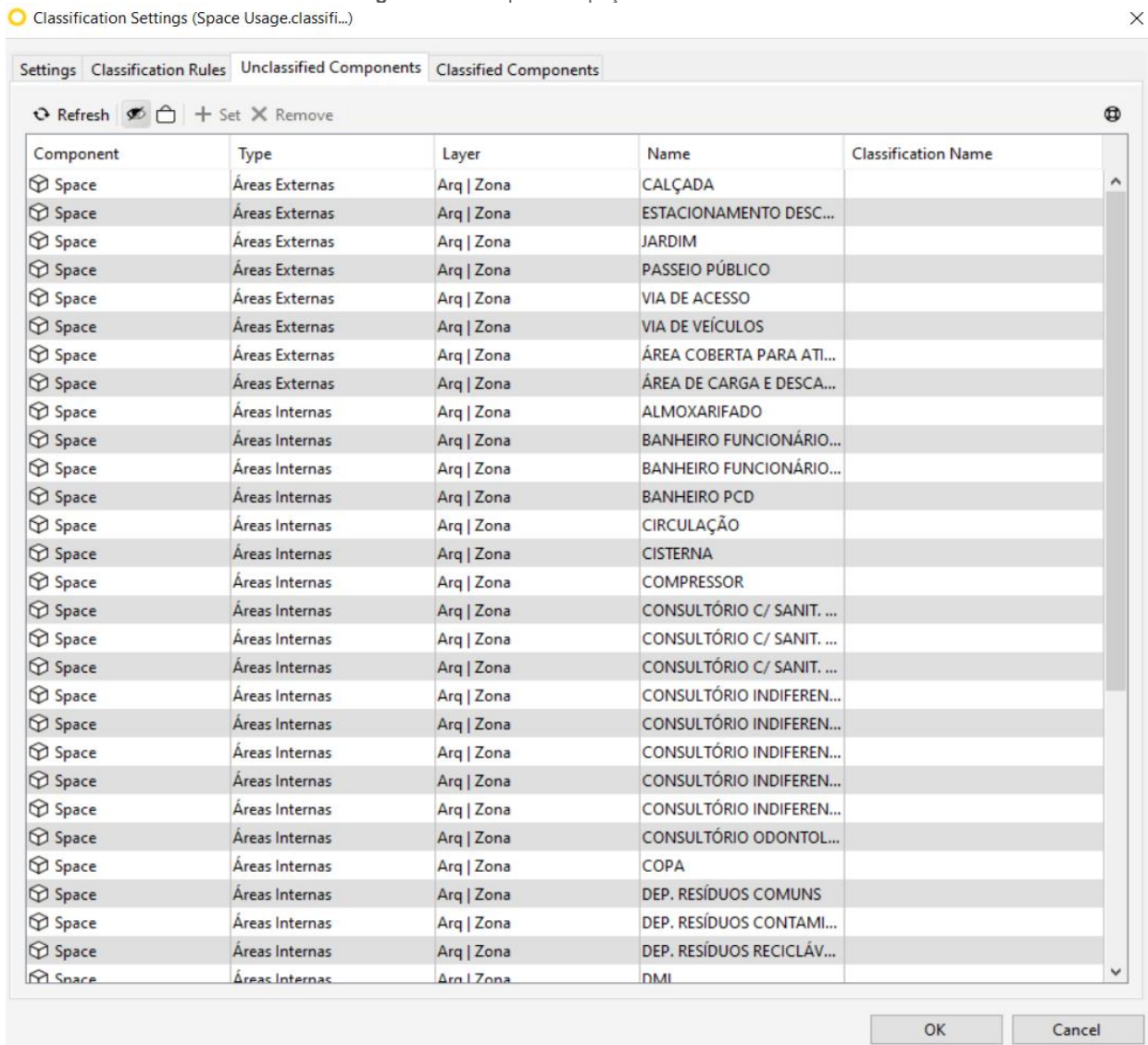
Entretanto, na análise de classificação dos espaços, utilizando a nomenclatura de ambientes da tipologia UBS, pode-se observar que nenhum espaço pôde ser classificado pelo SMC.

Figura 13: Exemplo de espaços classificados



Fonte: os autores.

Figura 14: Exemplo de espaços não-classificados



Fonte: os autores

Conforme EASTMAN (2014), um dos principais desafios detectados para implementação da automação da verificação das regras é relacionar os códigos das normas técnicas, aos códigos computacionais, de forma a obter resultados do sistema de automação. Outro destaque são os aspectos ligados à qualidade dos modelos virtuais como interoperabilidade, classificação da informação dos elementos, padrão de nomenclatura para espaços (ambientes).

Assim, devido a não classificação dos espaços, nenhuma regra específica (6º procedimento) pôde ainda ser aplicada de forma eficaz e direta no SMC.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso identificou que automatização começa com padronização. No sistema BIM, tal como a Classificação da Informação, projetistas e desenvolvedores de ferramentas precedem de uma sintaxe própria para sustentar os diversos âmbitos da interoperabilidade.

Desta forma, vê-se que uma taxonomia para protocolos de nomeação de espaços, ambientes ou zonas seria um pressuposto aos processos de automatização de verificações. Este protocolo, em desenvolvimento, é parte constitutiva do constructo (etapas 4 e 5) desta referida Pesquisa Construtiva.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE E SILVA, Flávio Paulino de. **Verificação automática dos requisitos de projetos da Norma de Desempenho pela plataforma BIM Solibri Model Checker**. 2017. 161 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ARIADNE, Queila. **Burocracia encarece custo final de imóveis em até 12%**. Disponível em: < <https://www.otempo.com.br/capa/economia/burocracia-encarece-custo-final-de-im%C3%B3veis-em-at%C3%A9-12-1.1395934> > Acesso: 15 de janeiro de 2019.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. **O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 103-120, jan./jun. 2016.
- EASTMAN et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- ELLWANGER, C.; SOUZA, V. N. R. S.; ROQUE, A. S.; BRUSCATO, U. M., Silva, R. P. **Experiência E Parametrização No Processo De Aplicações Digitais Interativas**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 7-20, jan./jun. 2016.
- GOVERNO DO BRASIL. **Projetos de arquitetura para Unidades Básicas de Saúde são disponibilizados a gestores públicos**. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/noticias/saude/2013/09/projetos-de-arquitetura-para-unidades-basicas-de-saude-sao-disponibilizados-a-gestores-publicos> > Acesso em: 25 de fevereiro de 2019.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Estratégia nacional de disseminação do BIM - Estratégia BIM BR**. Disponível em: < <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim> > Acesso em: 22 de janeiro de 2019.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº 340, De 4 De Março De 2013**. Disponível em: < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt0340_04_03_2013.html > Acesso em: 25 de fevereiro de 2019.
- SAMPAIO, Ana Virgínia C. F; CHAGAS, Suzana Sousa. **Avaliação De Conforto E Qualidade De Ambientes Hospitalares**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v.5, n.2, p. 155-179, nov. 2010.
- SOLIBRI. **Creating Rulesets in SMC v9.8**. Disponível em: < <https://solibri.wordpress.com/2017/11/20/creating-rulesets-in-smc-v9-8/> > Acesso em: 25 de fevereiro de 2019.
- SOUZA, B.A. et al. **Análise dos indicadores PIB nacional e PIB da Indústria da Construção Civil**. Revista de Desenvolvimento Econômico, Salvador, v. 17, p.140-150. 2015. Disponível em <<https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/3480>>. Acesso: 02 de janeiro de 2019.
- SUCCAR, B. Building information modelling framework: **A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, v. 18, p. 357-375, 2009. Elsevier BV.