

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DOS REQUISITOS DE PROJETOS DA NORMA
DE DESEMPENHO PELA PLATAFORMA BIM *SOLIBRI MODEL CHECKER***

Autor(a): Flávio Paulino de Andrade e Silva
Orientador(a): Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

Belo Horizonte
Novembro/2017
Flávio Paulino de Andrade e Silva

**VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DOS REQUISITOS DE PROJETOS DA NORMA
DE DESEMPENHO PELA PLATAFORMA BIM *SOLIBRI MODEL CHECKER***

Dissertação apresentada a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Gestão de Projetos da Construção Civil. Linha de pesquisa: Gestão de Empreendimentos de Construção Civil

Orientador(a): Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2017

S586v

Andrade e Silva, Flávio Paulino de.

Verificação automática dos requisitos de projetos da Norma de desempenho pela plataforma BIM *Solibri Model Checker* [manuscrito] / Flávio Paulino de Andrade e Silva. – 2017.

161 f., enc.: il.

Orientador: Eduardo Marques Arantes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos e apêndices: f. 149-157.

Bibliografia: f. 146-148.

1. Construção civil - Teses. 2. Modelagem de informação da construção - Teses. 3. Normas técnicas (Engenharia) - Teses. 4. Projetos - Avaliação - Teses. I. Arantes, Eduardo Marques. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69(043)

FLÁVIO PAULINO DE ANDRADE E SILVA

"VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REQUISITOS DE PROJETOS DA
NORMA DE DESEMPENHO PELA PLATAFORMA SOLIBRI MODEL
CHECKER"

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 20 de novembro de 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes
Orientador – UFMG



Prof. Eduardo Toledo Santos
USP



Prof. Paulo Roberto Pereira Andery
UFMG

AGRADECIMENTOS

A conclusão de um curso de mestrado implica, ao seu final, o dever de agradecer. Agradecer sim, pois às vezes esquecemos de retribuir, mesmo que com simples palavras, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, ajudaram na concretização deste objetivo.

Agradeço a Deus por iluminar os meus caminhos e me dar força nos momentos difíceis.

À minha querida esposa Jacqueline, amiga e companheira de muitos anos, pelo apoio, incentivo e por me ensinar a encarar a vida com mais alegria.

Às minhas filhas Fernanda e Ana Luiza, que são a felicidade dos meus dias, me desculpem pela ausência.

Aos meus pais, por terem dado todas as condições para eu chegar onde eu cheguei.

Ao meu irmão, meu melhor amigo, por me ajudar e apoiar sempre que eu preciso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Arantes por ter me aceitado como seu orientado, pela sua paciência e dedicação, sem a sua contribuição eu não teria conseguido.

Ao Prof. Dr Paulo Andery, pelos ensinamentos valiosos.

Ao meu amigo, Prof. Dr. Luis Fernando Farah pelas palavras de incentivo.

Ao Paiva, pelo apoio e incentivo que foram fundamentais para atingir esse objetivo.

RESUMO

A Norma de Desempenho – NBR 15.575 - tem objetivo de estabelecer diretrizes para execução de empreendimentos habitacionais mais seguros, com qualidade e longevidade (ABNT 15.575, 2013). Uma parte significativa das exigências desta Norma refere-se aos projetos. A verificação automática de parâmetros normativos por meio de regras introduzidas nos sistemas computacionais tem-se mostrado eficiente, na medida que reduz o tempo de verificação e análise dos projetos e ainda pode contribuir para aumentar a precisão dos resultados (Rodrigues, 2015). Nessa direção, o presente trabalho objetivou avaliar a aplicabilidade, a aderência e os desafios da verificação dos requisitos de projeto da norma de desempenho de forma automática com a utilização do *software Solibri Model Checker* (SMC), para uso em modelos de construção virtual BIM. Dentro desse objetivo principal buscou-se: a) parametrizar um conjunto de regras por meio do SMC com o intuito de atender parcialmente as exigências de projeto da NBR15.575; b) propor uma ferramenta que facilite a tradução das diretrizes normativas para a linguagem do SMC e c), testar e avaliar a parametrização proposta em um empreendimento vinculado ao projeto governamental Minha Casa Minha Vida modelado pelo *software* Revit. A pesquisa foi baseada no método denominado *constructive research*. Não obstante as limitações da plataforma SMC, foi possível codificar aproximadamente um terço dos requisitos de projeto da Norma para checagem de forma automática. Vale destacar que os esforços para interligar os requisitos da norma à checagem do SMC não se realizaram de maneira direta, ou seja, em média, mais de 4 regras do software para verificar um único requisito da norma. O estudo constatou uma redução de tempo de conferência dos projetos, em torno de 60% e ainda apontou 22% a mais de não conformidades do que o método de conferência manual.

Palavras-chave: BIM, Norma de Desempenho, Verificação Automática.

ABSTRACT

The Performance Standard - NBR 15,575 – has the objective of establishing guidelines for the execution of safer residential developments, with quality and longevity (ABNT 15.575, 2013). A significant part of the requirements of this Standard refers to projects. The automatic verification of normative parameters through rules introduced in the computational systems has been shown to be efficient, as it reduces the time of verification and analysis of the projects and can contribute to increase the precision of the results (Rodrigues, 2015). In this direction, the present work aimed to evaluate the applicability, adherence and challenges of verifying design requirements of the performance standard automatically using the Solibri Model Checker (SMC) software, for use in BIM virtual construction models. Within this main objective we sought: a) parameterize a set of rules through the SMC in order to partially meet the design requirements of NBR15,575; b) to propose a tool that facilitates the translation of normative guidelines into the SMC language and c) to test and evaluate the proposed parameterization in an enterprise linked to the government project My Home My Life modeled by Revit software. The research was based on the method called constructive research. Notwithstanding the limitations of the SMC platform, it was possible to encode approximately one-third of the design requirements of the Standard for checking automatically. It is worth noting that efforts to link the requirements of the standard to SMC checking were not carried out directly, ie on average more than 4 rules of the software to verify a single requirement of the standard. The study found a reduction in project conferencing time of around 60% and still pointed to 22% more nonconformities than the manual conference method.

Keywords: BIM, Performance Standard, Code Cheking

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Metodologia de avaliação de desempenho.....	48
Figura 02	Aplicação das fases da pesquisa construtiva proposta por Lukka a esse trabalho.....	52
Figura 03	Ferramenta proposta para tradução/parametrização das diretrizes normativas no SMC.....	62
Figura 04	Telas do SMC da parametrização da classificação espaço arquitetura.....	65
Figura 05	Tela do SMC parametrização da regra 1.4.....	68
Figura 06	Adaptação do processo para criação de regras no SMC.....	70
Figura 07	Divisão dos arquivos da disciplina de arquitetura.....	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho.....	100
Gráfico 02	Classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho excluindo as classificações que não são proposições ou que reportam para outra norma específica.....	101
Gráfico 03	Comparação das não conformidades encontradas entre o método de verificação de projeto manual com o método de verificação de projetos computacional com a utilização do SMC.....	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Estrutura do sistema de classificação Uniclass.....	30
Quadro 02	Divisão da classificação Omniclass e a correlação com a classificação Uniclass.....	32
Quadro 03	UNIFORMAT II Classification of Building Elements.....	33
Quadro 04	Estrutura de classes (ABNT 15965-1:2011).....	35
Quadro 05	Exemplo da proposta de classificação (ABNT 15965-1:2011).....	35
Quadro 06	Classificação Solihin; Eastman 2015 (Mainardi Neto 2016).....	45
Quadro 07	Exemplo de requisito de projeto – premissa de projeto.....	57
Quadro 08	Exemplo de requisito de projeto – método de avaliação.....	58
Quadro 09	Exemplo de requisito que não é uma proposição.....	59
Quadro 10	Exemplo de requisito que reportam a norma específica.....	59
Quadro 11	Exemplos de requisitos verificáveis pelo SMC.....	60
Quadro 12	Etapas de verificação – Etapa 1.....	78
Quadro 13	Etapas de verificação – Etapa 2.....	80
Quadro 14	Etapas de verificação – Etapa 2.....	81
Quadro 15	Etapas de verificação – Etapa 2.....	82
Quadro 16	Classificação de regras subjetivas.....	103
Quadro 17	Exemplo de regra subjetiva.....	103
Quadro 18	Exemplo de aplicação da ferramenta proposta - parte 1.....	109
Quadro 19	Exemplo de aplicação da ferramenta proposta - parte 2.....	110
Quadro 20	Exemplo de aplicação da ferramenta proposta - parte 3.....	111
Quadro 21	Registro das verificações da etapa 1 das regras preliminares.....	115
Quadro 22	Registro das verificações da etapa 1 das regras principais.....	119

Quadro 23	Registro das verificações da etapa 2 das regras preliminares.....	128
Quadro 24	Registro das verificações da etapa 2 das regras principais.....	129
Quadro 25	Registro das verificações da etapa 3 das regras preliminares.....	132
Quadro 26	Registro das verificações da etapa 3 das regras principais.....	133
Quadro 27	Registro das verificações da etapa 4 das regras preliminares.....	134
Quadro 28	Registro das verificações da etapa 4 das regras principais.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela	01	Requisitos de projeto da ND classificados como: não são proposições.....	85
Tabela	02	Requisitos de projeto da ND classificados como: reportam para outra norma específica.....	90
Tabela	03	Requisitos de projeto da ND classificados como: não são verificáveis automaticamente pelo SMC.....	93
Tabela	04	Requisitos de projeto da ND classificados como: verificáveis automaticamente pelo SMC.....	96
Tabela	05	Requisitos de projeto da ND classificados como: parcialmente verificáveis pelo SMC.....	98
Tabela	06	Compilação dos resultados das classificações das normas.....	104
Tabela	07	Templates utilizados nas parametrizações das regras.....	106
Tabela	08	Classificação das regras segundo Solihin; Eastman (2015) e número de templates utilizados nas parametrizações das regras.....	106
Tabela	09	Registro das verificações automáticas na ferramenta proposta...	111
Tabela	10	Comparação do tempo gasto na verificação de projetos pelo método manual e pelo método computacional com a utilização do SMC – verificação individual das regras automatizadas.....	138
Tabela	11	Comparação do tempo gasto na verificação de projetos pelo método manual e pelo método computacional com a utilização do SMC – verificação individual das regras automatizadas.....	140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, engenharia e construção
AIA	American Institute of Architects
SCIC	Sistemas de classificação da informação da construção
CORENET	Construction and Real Estate Network
CSIRO	Organization of Scientific Research and the Industrial Community
EDM	Express Data Manager
GSA	General Services Administration
IAI	Aliance for interoperability
ICC	International Code Council
ISO	International Organization for Standardization
IPO	Initial Public Offering
MVD	Model View Definition
NBR	Norma Brasileira
ND	Norma de desempenho
OCCS	Omniclass Construction Classification System
SMC	Solibri Model Checker

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contexto	15
1.2	Questões da Pesquisa	18
1.3	Objetivos da Pesquisa.....	18
1.4	Limitação do Trabalho.....	19
1.5	Estrutura do Trabalho.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Building Information Modeling (BIM)	22
2.2	Nível de desenvolvimento do Modelo (LOD)	24
2.3	Interoperabilidade	25
2.4	Padronização na Troca de Dados	26
2.5	Verificação Automática de Regras de Projetos.....	36
2.5.1	Iniciativas de verificação automática	36
2.5.2	Processo de verificação automática de projetos	42
2.5.3	Classificação de regras	43
2.5.4	Plataforma de verificação automática - Solibri Model Checker.....	45
2.6	Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575:2013).....	47
3	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	51
3.1	Método da Pesquisa.....	51
3.2	Classificação dos Requisitos de Projeto da Norma NBR 15575	57
3.3	Proposta da Ferramenta de Apoio para Tradução e Construção das Regras no SMC.....	60
3.4	Parametrização dos Requisitos de Projeto da NBR 15575 no SMC.....	64
3.5	Implementar e Testar a Solução Proposta em um Empreendimento ...	73

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	85
4.1	Resultados da Classificação da NBR15575.....	85
4.2	Resultados da Parametrização das Regras no SMC	105
4.3	Resultados da Aplicação da Verificação Automática	112
4.4	Comparação Entre Processo Automático e Processo Manual de Verificação da NBR 15.575.....	137
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
	REFERÊNCIAS.....	146
	APÊNDICE A – Questionário aplicado aos analistas de projeto para avaliação da verificação pelo método manual.....	149
	ANEXO A – Lista de Templates Padrões do Solibri Model Checker	158

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Desde 2000, a indústria da construção brasileira caminha por um processo de transformação, em especial no segmento imobiliário residencial. Este setor se expandiu devido a mudanças estruturais na macroeconomia, como estabilidade econômica, juros baixos, acesso ao crédito, ascensão da classe média, programas sociais de habitação e o IPO (*Initial Public Offering*¹) de várias incorporadoras (PINIWEB, 2010; STEPHEN et al. 2013). Todavia, a escassez de mão de obra qualificada, a baixa produtividade e uma cadeia de fornecedores deficientes foram os principais desafios do setor naquele momento.

A partir de 2014, em função da crise política e econômica brasileira, esse movimento de expansão foi substituído por uma intensa retração do mercado, implicando em novos desafios para as empresas do segmento, como limitações de crédito, endividamento das empresas e necessidade de redução de custos (PIRES, 2017). Nesse contexto, um movimento de inovação, com foco no reposicionamento estratégico das empresas e no aumento da produtividade, se torna necessário na construção para enfrentar novos tempos e as diferentes conjunturas. Souza (2015) afirma que esta busca está marcada pelo desenvolvimento de novos materiais, componentes, sistemas construtivos e novas concepções de projeto, traduzindo um grande esforço de racionalização e industrialização da construção.

Uma das iniciativas que se destaca nessa direção é a utilização da tecnologia BIM (Building Information Modeling). Nawari (2012), afirma que o BIM oferece uma riqueza de informações que são geradas automaticamente à medida que o modelo é criado e essas informações podem ser usadas para a estimativa de custos, planejamento, controle e para a gestão da operação e manutenção das construções. De acordo com Campbell (2007), o BIM mostra-se como uma importante ferramenta, capaz de contribuir na integração dos processos a partir da eliminação de ineficiências e redundâncias, aumentando a colaboração e a

¹ “Por ser a primeira colocação pública de ações da companhia, é chamada de oferta pública inicial, OPI, ou IPO, sigla em inglês para *Initial Public Offering* [...]” (STEPHEN et al., 2013, p. 527).

comunicação, a fim de garantir melhores resultados de produtividade. Para Succar (2009) o BIM é uma mudança tecnológica e processual emergente na indústria de arquitetura, engenharia, construção e operações que possibilita uma série de interações de pessoas, de processos e tecnologias.

Segundo Souza (2015), as leis e as normas que regulamentam o setor da construção também estão em constante evolução. É um reflexo de um processo de transformação da sociedade e do perfil dos consumidores brasileiros. Temas como qualidade, desempenho, gestão, sustentabilidade e tecnologia ganham mais importância e se consolidam no setor da construção.

Essa evolução reflete na quantidade e a complexidade das regras que têm aumentado ao longo dos anos. Um exemplo disso, é o volume de normas técnicas atualmente em vigor na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). São 7.822 normas, sendo que 10,6% são diretamente relacionadas à construção civil além de outros 28,3% relacionados com processos de fabricação que regem a cadeia de fornecedores. Para exemplificar esse crescimento, somente entre os anos de 2014 a 2016, ocorreu um aumento de 11% do total de normas (ABNT, 2016). Isso elevou o grau de dificuldade na execução dos projetos que precisam atender aos diversos requisitos estabelecidos pelas normas. A consequência disso é que o processo de conferência do projeto, seja pelo próprio projetista ou contratante, se tornou uma tarefa complexa, porque demanda muito tempo e conhecimento dos profissionais que a realizam.

Nesse contexto, a verificação automática de parâmetros normativos, por meio de regras introduzidas nos sistemas computacionais, capaz de analisar modelos de construção virtual BIM, pode contribuir, tanto na garantia da conformidade dos projetos, em relação aos requisitos e normas vigentes, quanto em relação ao tempo que os projetistas e contratantes demandam para essa realizar essa função. Iniciativas como da CORENET (*Construction and Real Estate Network*) em Singapura², demonstram avanços nesse sentido. Sob essa ótica, as novas tecnologias, com foco na modelagem da construção, favorecem o desenvolvimento

² Website: <https://www.corenet.gov.sg>

do processo de projetos, cujo produto final projeto se assemelha mais ao que se vai construir.

No entanto, a tradução das normas para uma linguagem em que uma máquina consiga fazer essa verificação não é uma tarefa simples, uma vez que as normas e códigos são informações para serem interpretadas por seres humanos. Muitos requisitos das normas são ambíguos, interpretativos ou trazem conceitos implícitos, como informações contidas em outras normas. Diante disso, é necessário realizar uma compreensão dessa linguagem normativa, com a participação de especialistas no conteúdo de cada norma, para evitar erros de interpretação.

Eastman et al. (2008) afirmam que os principais desafios para implementação da automação da verificação das regras é relacionar os códigos das normas técnicas aos códigos computacionais, de forma a obter resultados. Devido ao grande número de códigos é fundamental compreender e criar métodos eficazes de aplicação das regras computacionais para facilitar a tarefa de inserção das mesmas em um sistema de automação da construção.

A escolha da Norma de Desempenho (NBR 15.575) como regra a ser parametrizada nesse trabalho se justifica pela amplitude e abrangência deste texto normativo. Esta norma engloba e referencia outras 255 normas do setor e exige a aplicação de vários requisitos às especialidades de projetos: a) os projetos devem conter janelas com dimensões mínimas para ventilação nos ambientes de permanência prolongada, como quarto e salas, b) o projeto deve atender as inclinações máximas de rampas de pedestres visando a acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida, c) o projeto precisa indicar a vida útil de projeto considerada para os sistemas de pisos, paredes e coberturas, etc. Diante da abrangência dessa norma, tem-se o principal código habitacional brasileiro a ser seguido pelos profissionais da construção, com referência significativa a outras normas do setor.

Já em relação a escolha da plataforma SMC como software de verificação automática de regras, se justifica por dois motivos. O primeiro deles refere-se ao nível de utilização. A plataforma do *Solibri Model Checker* é considerada uma das mais utilizadas em todo o mundo, para a realização de verificações automáticas de modelos BIM. Uma constatação disso é que quatro das cinco iniciativas de

verificação automática de regras que serão abordadas na seção 2.5.1 utilizaram o SMC nos seus processos. O segundo motivo se deve a possibilidade de acesso a utilização do software. Na pesquisa foi possível utilizar uma licença do mesmo para realizar a parametrização das regras propostas.

Nessa direção, a presente pesquisa se justifica como proposta para avaliar a aplicabilidade e a aderência da verificação de requisitos de projetos da norma de desempenho de modo automático com a utilização do Solibri Model Checker (SMC) aplicados aos modelos desenvolvidos em BIM.

1.2 Questões da Pesquisa

De modo mais específico, almeja-se responder às seguintes questões norteadoras:

- ▶ O sistema de verificação computacional de projetos desenvolvidos em modelos BIM através da utilização do SMC é aplicável às normas? E, mais especificamente, à NBR 15.575?
- ▶ Como se dá esse processo de verificação? Quais são as etapas e os requisitos necessários para que seja possível essa automação da conferência dos requisitos de projeto?
- ▶ O software SMC consegue entender e interpretar a linguagem expressa nos requisitos da NBR 15.575? Quais são os desafios e limitações dessa tradução? Existe alguma ferramenta que pode auxiliar esse processo? Que percentual de requisitos da referida norma poderá ser conferido pelo software?
- ▶ A verificação automática será mais rápida e mais eficaz que o método de conferência manual?

1.3 Objetivos da Pesquisa

Considerando os desafios da presente pesquisa e as questões norteadoras apresentadas, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade, a aderência e os desafios da verificação dos requisitos de projeto da norma de desempenho de forma automática com a utilização do software *Solibri Model Checker* (SMC) para uso em modelos de construção virtual BIM.

Objetivos específicos

- ▶ Parametrizar um conjunto de regras do SMC para uso em modelos de construção virtual BIM, com o intuito de atender às exigências de projeto da NBR15.575.
- ▶ Propor uma ferramenta que facilite a tradução das diretrizes normativas para a linguagem do SMC e que apoie a construção e manutenção da parametrização das regras para o uso eficiente desse software de análise e validação.
- ▶ Testar e avaliar a parametrização proposta em um empreendimento vinculado ao projeto governamental Minha Casa Minha Vida, modelado através do software Revit.

1.4 Limitação do Trabalho

Nessa seção, é importante destacar que a parametrização das regras realizada no SMC para verificação automática dos requisitos de projetos da NBR 15575, foram testadas somente para um empreendimento. Seria necessário realizar vários outros testes em outros modelos BIM, com o intuito de ajustar possíveis inconsistências ou falhas. Dessa forma, os resultados e os índices encontrados se limitam a esse estudo em específico e não podem ser generalizados.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho obedece aos padrões de formatação recomendados pela Universidade Federal de Minas Gerais e está estruturado em 5 capítulos.

Capítulo 1 - Introdução

Nesse capítulo, é abordado o contexto ao qual o tema da pesquisa está inserido. São definidas as questões que norteiam o trabalho, sendo delimitado o seu escopo e definidos os seus objetivos.

Capítulo 2 – Referencial teórico

No capítulo 2, buscou-se mapear o conhecimento a respeito dos temas inerentes à pesquisa, sob vários pontos de vista, que se fazem necessários para o entendimento da mesma. Foram revistos os conceitos básicos de BIM, modelo paramétrico e LOD. Foram revisados também as principais iniciativas de verificação automática de projetos existentes no mundo bem como os softwares e sistemas utilizados por essas.

Outro ponto fundamental abordado na revisão bibliográfica foi a padronização na troca de dados, ressaltando a importância do schema IFC, das padronizações existentes dos sistemas de classificação da informação da construção e as questões de interoperabilidade.

Por fim, foram revisados os principais temas abordados pela NBR 15.575 que foi escolhida como regra a ser parametrizada para a verificação automática de requisitos de projeto pela presente pesquisa.

Capítulo 3 – Métodos e procedimentos da pesquisa

Nesse capítulo é apresentado a metodologia adotada e as propostas para responder aos questionamentos da pesquisa. Buscou-se detalhar de forma objetiva todas as premissas e considerações adotadas para a estruturação dos resultados da pesquisa.

Capítulo 4 – Resultados e discussões

No capítulo 4 são apresentados os resultados encontrados na pesquisa juntamente com a análise e comparações com resultados obtidos por outros autores. Algumas conclusões preliminares também foram formuladas.

Capítulo 5 – Conclusões

As conclusões da pesquisa são apresentadas com reflexões a respeito do tema, além de sugestões para trabalhos futuros.

Apêndice A

Nesse apêndice, foi inserido os questionários aplicados aos analistas de projetos que realizaram a avaliação de projeto pelo método manual.

Anexo A

O anexo apresenta uma lista dos templates de regras padrões contidos no Solibri Model Checker versão 9.6 com uma breve descrição de cada um.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo desse capítulo é elucidar pontos centrais do processo de verificação automática que foi abordado na pesquisa, sem, portanto, ter o propósito de apresentar bibliografia sobre os tópicos que se seguem.

2.1 Building Information Modeling (BIM)

A Modelagem da Informação da Construção, tradução de Building Information Modeling (BIM), não possui uma definição única e amplamente aceita. Neste sentido, diversos autores conferem notoriedade ao tema e atribuem a ele seus entendimentos de significação.

Segundo Eastman et al. (2008), BIM é uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos que produz, comunica e analisa modelos da construção e também gera e gerencia informações relacionadas ao seu ciclo de vida, em um banco de dados que permite compartilhamento entre todos os interessados. Ainda segundo o autor, ele é composto por modelos tridimensionais que contêm geometria, dados geográficos, quantitativos e propriedades dos componentes.

Para os autores Underwood e Isikdag (2010), BIM é compreendido como um processo baseado em modelos digitais, compartilhados, integrados e interoperáveis que permitem a gestão da informação.

Na concepção de Nederveen, Beheshti e Gielingh (2010), BIM é um modelo que envolve uma ampla gama de informações sobre um edifício e seus componentes, necessárias para dar suporte aos processos do seu ciclo da vida, e que pode ser interpretado diretamente por aplicativos de computador. Complementam ainda que o BIM contém informações sobre propriedades, tais como funções, formas, materiais e processos.

Diante dos conceitos elencados, por meio do uso do BIM, são esperados uma série de benefícios para todas as fases que compõem a vida útil de um edifício, que vai desde o estudo de viabilidade até a utilização do edifício.

Para aprofundamento na compreensão do conceito proposto pelo BIM é necessário um entendimento sobre o que venha a ser um Modelo 3D Paramétrico. Diferentemente dos softwares CAD, onde a representação é apenas geométrica, no Modelo 3D paramétrico é possível inserir parâmetros e regras, associá-los, e, esses é que vão gerar a geometria. É possível inserir também informações não geométricas e associá-las a objetos da geometria. O modelo se transforma então, em um repositório de dados, e esses podem ser extraídos ou inseridos.

Eastman et al. (2008) afirmam que a ideia básica do Modelo Paramétrico é que instâncias de forma, e outras propriedades, podem ser definidas e controladas de acordo com uma hierarquia de parâmetros nos níveis de conjunto e subconjunto, assim como no nível de um objeto individual. Assim, alguns dos parâmetros dependem de valores definidos pelo usuário; outros dependem de valores fixos e; outros são obtidos associando ambos e ou a geometria.

Ainda segundo o autor, o Modelo Paramétrico transforma a modelagem de uma ferramenta de projeto geométrico em uma ferramenta de inserção de conhecimento (EASTMAN et al., 2008).

Para Grilo e Gonçalves (2009), os modelos paramétricos contêm informações que vão além da geometria 3D. Seu objetivo principal é permitir a simulação de mais do que apenas os aspectos visuais de um projeto de construção. Poderá conter informações físicas de um determinado objeto. Como por exemplo, natureza, dimensões, quantidade, sua localização em relação à localização dos outros objetos do modelo, e outras informações sobre o objeto.

Furneaux et al., (2008) *apud* Ciribini et al., (2015) afirma que a característica mais valiosa do modelo paramétrico é a "Informação", que é criada uma vez, e pode ser compartilhada, comunicada a todas as partes envolvidas, e reutilizada muitas vezes ao longo do ciclo de vida da edificação.

2.2 Nível de Desenvolvimento do Modelo (LOD)

O Nível de Desenvolvimento do Modelo, tradução do termo LOD (*Level of Development*)³, propõe uma estrutura conceitual que visa nortear, de maneira coordenada, o processo de desenvolvimento de projeto e a evolução do detalhamento das suas informações.

É importante destacar que o conceito proposto se refere aos objetos e não ao modelo. Um modelo pode ser composto de vários objetos com níveis LOD diferentes.

Em síntese os níveis de desenvolvimento dos objetos contidos no modelo, propostos no BIM *Protocol Exhibit* (2008). A numeração crescente, possui relação com o aumento do nível de detalhe do modelo e, conseqüentemente com as diferentes fases do projeto, e varia de 100 a 500 (BIM Fórum, 2017):

- LOD 100 – O elemento do modelo deve ser graficamente representado com uma simbologia ou outra forma genérica, com informação relativa ao mesmo. No entanto, este não deverá satisfazer os requisitos para o LOD 200.
- LOD 200 – A representação gráfica do objeto obriga à utilização de uma forma genérica ou objeto, com características físicas, quantidades, bem como local onde se insere orientação, próximas da realidade. Parte da informação não gráfica simples pode também ser incluída.
- LOD 300 – Graficamente, o seu aspecto já é especificamente o do objeto, em que o tamanho, a forma, a quantidade, a localização e a orientação são reais. Informações não geométricas podem ser incluídas no modelo.
- LOD 350 – Neste nível, tudo o que é relativo a componentes gráficos e a informação adicional, se mantém praticamente no mesmo grau de

³ O LOD foi desenvolvido inicialmente por membros da indústria de software. Posteriormente, o conceito foi trazido para o subcomitê de AIA (*The American Institute of Architects*), que em 2008, agregou os pontos de vista dos arquitetos, contratantes, engenheiros proprietários de edifícios e desenvolvedores de softwares para estender sua aplicabilidade. Em seguida, o AIA o incorporou a um documento conhecido como BIM *Protocol Exhibit* (2008) que formaliza o processo de desenvolvimento e os usos do BIM.

desenvolvimento, com exceção às características físicas do objeto, pois nele, tem-se a preocupação de reproduzir suas interfaces com outros sistemas que o delimitam.

- LOD 400 – Graficamente, é uma reprodução fiel do objeto, com objetivo de montagem e fabricação ou, por exemplo, informações relativas à instalação, no caso de equipamentos. Informações não geométricas também podem ser incluídas no modelo.
- LOD 500 – O objeto é elaborado em *as-built*, cujo exemplar da construção é modelado com o detalhe da realidade, bem como as características não gráficas são incluídas. Este objeto é de fato uma recriação final da obra em questão, com especial interesse no uso e manutenção das construções.

2.3 Interoperabilidade

O desenvolvimento de um projeto de edificações é um processo colaborativo que envolve um conjunto de especialistas de várias disciplinas e que precisam interagir na troca de informações. Para cada disciplina, a evolução tecnológica proveu softwares específicos às suas necessidades, que precisam interagir para a troca de dados, ainda que sejam produzidos por diferentes fabricantes, e com distinto formato proprietário. Nesse contexto, surge o conceito da interoperabilidade.

Segundo Eastman et al. (2008), a interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas contribuam para o desenvolvimento dos trabalhos. Em processos de desenvolvimento de projetos em BIM, essa necessidade é mais evidente. A interoperabilidade elimina a necessidade de replicar a entrada de dados e facilita os fluxos de trabalhos de automação.

Para Ryu (2016), a comunicação efetiva é o fator mais importante no ambiente da construção. Como a cooperação entre os vários agentes (projetistas, construtores e cadeia de suprimentos) é essencial na indústria da construção, a interoperabilidade entre plataformas BIM é necessária.

Ainda segundo o autor, apesar dos vários esforços no mundo, existem problemas de interoperabilidade uma vez que, durante a conversão do formato de arquivo de um software para outro, ocorrem algumas indesejáveis modificações na geometria, além da perda de dados durante o processo de conversão. (RYU, et al., 2016)

Diante desse problema, Grilo e Gonçalves (2009) constatam que há um grande esforço para desenvolver padrões para definir a interoperabilidade entre os modelos. Isso significa que, para que um modelo possa ser compatível com modelos criados por outras ferramentas de software, é necessário que todos eles sejam compatíveis em um formato de arquivo, de modo que todas as informações do objeto possam ser transferidas corretamente.

2.4 Padronização na Troca de Dados.

O conceito proposto pelo BIM envolve essencialmente processos colaborativos e integrados com a participação de todos os agentes construção, durante todo o ciclo de vida do empreendimento. Solucionar os problemas de interoperabilidade e definir a forma como as informações serão organizadas são requisitos fundamentais para o processo de colaboração e integração. Durante as várias fases desse ciclo ocorrem trocas de informações constantes entre os agentes do processo, por isto, essa padronização é necessária para que os dados sejam compreendidos e utilizados por todos.

Nawari (2012) afirma que o sucesso do BIM depende, não apenas de sua capacidade de visualização 3D, mas também da captura de informações corretas, necessárias para as várias partes interessadas, e das trocas e comunicações digitais padronizadas em todos os setores.

Manzione (2013) afirma que a necessidade de troca de informações entre os diferentes agentes, precisa ser plenamente atendida para que o setor da construção possa usufruir dos benefícios propostos pelo BIM.

A padronização na troca de dados passa por dois pontos importantes. O primeiro é a uniformização do formato dos arquivos digitais para possibilitar que eles sejam

utilizados por softwares BIM de diferentes proprietários. O segundo é a forma como as informações contidas nos elementos da construção serão organizadas.

Industry Foundation Class (IFC)

Diante do desafio de uniformizar o formato dos arquivos, vários esforços foram e ainda são necessários.

Em 1994, foi criada a *Industry Alliance for Interoperability*, a partir de um consórcio de companhias norte-americanas lideradas pela Autodesk, com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de classes em C++ para sustentar o desenvolvimento de aplicações integradas. Em 1997, a *Industry Alliance for Interoperability* foi renomeada para *Internacional Alliance for Interoperability* (IAI), uma organização sem fins lucrativos, com o objetivo de promover o IFC como um produto neutro para dar suporte ao ciclo de vida de um edifício. Em 2005 a IAI foi renomeada como *buildingSMART*, que tem o desenvolvimento e o aperfeiçoamento do IFC como um dos seus principais objetivos.

A *buildingSMART* (2017d) define o IFC como um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM.

Eastman et al. (2008), explica que o IFC foi desenvolvido para criar um conjunto de dados consistentes para representar um modelo de dados de um edifício, com o objetivo de permitir a troca de informações entre diferentes fabricantes de softwares.

Atualmente, existem vários fabricantes de softwares que se propõem a desenvolver projetos em BIM, mas os modelos possuem uma estrutura de dados interna no formato proprietário, ou seja, elas não podem compartilhar informações entre si. A proposta do IFC é funcionar como um tradutor entre arquivos produzidos em softwares com proprietários diferentes.

A estrutura adotada pelo esquema IFC foi elaborada de tal modo que é possível abordar as mais diversas especialidades da indústria da construção, com possibilidades que vão desde referenciar comercialmente um determinado material

usado numa parede (por exemplo, tinta), bem como o custo associado às suas propriedades físicas (cor, coeficiente de permeabilidade).

A estrutura do IFC está essencialmente repartida em três componentes básicos pertencentes a cada objeto existente num determinado modelo de informação: a geometria, as relações e as propriedades (GEQUALTEC, 2013).

No que diz respeito às geometrias, o IFC é capaz de conter toda a informação associada, tais como de comprimento, altura, espessura, áreas, volumes, entre outras. Além disso, ele é capaz de manter as relações entre os objetos existentes num modelo de informação. Estas relações são de elevada importância, porque existem inúmeros objetos e com características diferentes, e todos eles juntos e relacionados é que compõem um modelo de informação. Mas estas relações podem passar pela composição e decomposição de partes de objetos, a associação de informação a objetos, a definição de relações genéricas ou de conectividade topológica entre elementos.

Sistemas de classificação da informação da construção

Além da uniformização na troca de dados digitais propostos pelo esquema IFC, é necessário identificar as informações contidas nos modelos da construção.

No intuito de padronizar a nomenclatura dos elementos construtivos, surgiram os sistemas de classificação da informação da construção (SCIC) que consistem em estruturas que as organiza através de uma lógica de tabelas e codificações. Essas estruturas objetivam retratar todos os elementos da construção em níveis de detalhes diferentes, levando em consideração as fases do ciclo de construção e utilização do empreendimento. Porém, dificilmente haverá um único padrão de CICS, pois cada país possui culturas próprias que levarão a nomenclaturas e regras diferentes.

Os setores de construção de cada país, mesmos aqueles vizinhos, tendem a permanecer separados devido as diferenças culturais e de legislação, e cada um deles desenvolveu seus próprios métodos para organização da informação. (ABNT NBR ISO 12006-2, 2010)

Para Kang e Paulson (2000), um sistema de classificação de informações de construção permite aos gerentes controlarem, com um alto grau de confiança, como um projeto será gerenciado pela organização sistemática e padronizada de informações geradas através de todas as fases da construção.

Nawari *apud* Mawardi Neto (2012), aponta a importância da organização dos componentes em categorias e subcategorias em uma hierarquia taxonômica, já que muitos dos processos de verificação de regras em um primeiro momento filtram as categorias e subcategorias para em seguida aplicar a verificação.

A Modelagem de Informações de Construção trata do intercâmbio de informações de todos os tipos ao longo da linha de tempo do empreendimento. Para que essa troca seja bem sucedida, é necessária uma abordagem completa e consistente para a classificação de objetos de construção dentro e entre projetos. (ISO 12006-2, 2015)

ISO 12006-2

Diante da dificuldade de se obter uma padronização mundial, a *International Organization for Standardization* (ISO) sugeriu um padrão internacional para um novo sistema de classificação da informação da construção. A norma ISO 12006-2 objetiva definir uma estrutura para o desenvolvimento de sistemas de classificação do ambiente construído. Ela não fornece um sistema completo de classificação operacional com o conteúdo das tabelas. Destina-se a ser utilizada por organizações que desenvolvem e publicam tais sistemas de classificação e tabelas, que podem variar em detalhe para atender às necessidades locais. No entanto, se a ISO 12006-2 for aplicada no desenvolvimento de sistemas de classificação locais, a harmonização entre sistemas diferentes será facilitada. A norma se aplica ao ciclo de vida completo dos trabalhos de construção, incluindo *briefing*, *design*, documentação, construção, operação e manutenção e demolição. Aplica-se a obras de construção civil e de infraestrutura, incluindo os serviços de engenharia associados.

A estrutura proposta pela norma identifica um conjunto de títulos de tabela de classificação recomendados para uma gama de classes de objetos de informação de acordo com as suas particularidades por forma ou função, apoiados por definições. Ela mostra como as classes de objetos, classificadas em cada tabela, estão relacionadas, como uma série de sistemas e subsistemas em um modelo de informação do edifício.

Síntese dos principais sistemas de classificação da informação existentes no mercado da construção:

UNICLASS

O termo *Uniclass* significa *unified classification for the construction industry*. O desenvolvimento *Uniclass* foi orientado pelo Comitê de Informação do Projeto de Construção, que consistia em cinco organizações, incluindo *Royal Institution of Chartered Surveyors*, *Institution of Civil Engineers* e o *Royal Institute of British Architects*. *Uniclass* foi o primeiro sistema de classificação que foi construído baseado no padrão ISO 12006.

A estrutura geral da classificação da informação da construção *Uniclass* é agrupada em 15 assuntos principais, conforme apresentado no Quadro 01. As partes A, B e C são para resumos gerais relativos à forma de informação ou ao campo de gestão. Já as partes D, E, F, G, H e K consistem nas instalações, espaços, elementos e operações para obras civis e arquitetônicas. Por fim, as partes L, M, N, P e Q são utilizadas para classificar informações relativas a produtos de construção, materiais e atributos. (DAWOOD, 2003)

Quadro 01 - Estrutura do sistema de classificação Uniclass

Structure of uniclass facets

Facets

A—Form of information	F—Spaces	L—Construction products
B—Subject disciplines	G—Elements for buildings	M—Construction aids
C—Management	H—Elements for civil engineering works	N—Properties and characteristics
D—Facilities	J—Work sections for buildings	P—Materials
E—Construction entities	K—Work sections for civil engineering works	Q—UDC

Fonte: DAWOOD, 2003

No entanto, para Kang e Paulson (2000), uma vez que *Uniclass* inclui uma ampla gama de informações, falta objetividade entre algumas partes, e o usuário pode ficar confuso, porque alguns itens são semelhantes entre si. Assim, é necessário que o usuário tenha um conhecimento avançado para classificar as informações utilizando esse sistema.

OMNICLASS

A *classificação Omniclass Construction Classification System (OCCS)* é o equivalente norte americano da *Uniclass*. Também foi baseado nos parâmetros estabelecidos pela norma ISO 12006-2. Foi desenvolvido pelo *Committee Secretariat* que é composto pelo *Construction Specifications Institute* dos EUA e o *Construction Specifications Canada*.

O objetivo da OCCS é fornecer uma base padronizada para classificar a informação criada e usada pela indústria norte-americana de arquitetura, da engenharia e da construção (AEC), durante o ciclo de vida do empreendimento desde a concepção à demolição ou reuso, e abrange todos os tipos diferentes de construções ligadas a indústria da construção. A *Omiclass* destina-se a ser o meio para organizar, classificar e recuperar informações e derivar aplicações computacionais.

A *Omiclass* visa ser uma padronização de classificação aberta com muitas aplicações na indústria da construção, desde a organização de materiais a projetos BIM, fornecendo uma estrutura de classificação para uma base de dados eletrônica. (RODRIGUES, 2015)

Este sistema de classificação é organizado em quinze tabelas. Cada uma delas representa uma parte constituinte da construção, e poderá ser usada independentemente para classificar um determinado tipo de informação, ou ainda, podem ser combinadas, de modo a classificar informações mais complexas. O Quadro 02, mostra essa organização e a correlação com a divisão da classificação *Uniclass*.

Quadro 02 – Divisão da classificação Omniclass e a correlação com a classificação Uniclass

<i>OmniClass</i> Table 11 – Construction Entities by Function	<i>Uniclass</i> Table D – Facilities
<i>OmniClass</i> Table 12 – Construction Entities by Form	<i>Uniclass</i> Table E – Construction Entities
<i>OmniClass</i> Table 13 – Spaces by Function	<i>Uniclass</i> Table F – Spaces
<i>OmniClass</i> Table 14 – Spaces by Form	<i>Uniclass</i> Table F – Spaces
<i>OmniClass</i> Table 21 – Elements	<i>Uniclass</i> Table G – Elements for Buildings <i>Uniclass</i> Table H – Elements for Civil Engineering Works
<i>OmniClass</i> Table 22 – Work Results	<i>Uniclass</i> Table J – Work Sections for Buildings <i>Uniclass</i> Table K – Work Sections for Civil Engineering Works
<i>OmniClass</i> Table 23 – Products	<i>Uniclass</i> Table L – Construction Products
<i>OmniClass</i> Table 31 – Phases	<i>Uniclass</i> Table C – Management (<i>in part</i>)
<i>OmniClass</i> Table 32 – Services	<i>Uniclass</i> Table B – Subject Disciplines
<i>OmniClass</i> Table 33 – Disciplines	<i>Uniclass</i> Table B – Subject Disciplines
<i>OmniClass</i> Table 34 – Organizational Roles	<i>Uniclass</i> Table C – Management (<i>in part</i>)
<i>OmniClass</i> Table 35 – Tools	<i>Uniclass</i> Table M – Construction Aids
<i>OmniClass</i> Table 36 – Information	<i>Uniclass</i> Table A – Forms of Information
<i>OmniClass</i> Table 41 – Materials	<i>Uniclass</i> Table P – Materials
<i>OmniClass</i> Table 49 – Properties	<i>Uniclass</i> Table N – Properties and Characteristics

Fonte: Omniclass Introduction and User's Guide, 2006

UNIFORMAT II - Building Elements Uniformat

O sistema *Building Elements Uniformat*, trata-se da classificação contida no Software SMC, que é um espelho na norma da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) E1557-09 *Standard Classification for Building Elements and Related Sitework*—UNIFORMAT II. Vale ressaltar que o SMC permite que sejam parametrizados outros sistemas de classificação, porém ele já traz a *Building Elements Uniformat* ou *Uniformat II* como *default*.

A Classificação UNIFORMAT II é aplicada exclusivamente para a construção de edifícios e não aborda as demais obras civis como pontes, tuneis, canais etc. As classificações são hierárquicas e permitem diferentes níveis de agregação e sumarização. Essa hierarquia é composta de três níveis: elementos do grupo principal para o Nível 1, elementos do grupo para o nível 2 e elementos individuais para o nível 3. O Quadro 03 mostra essa divisão.

Quadro 03 - UNIFORMAT II Classification of Building Elements



Level 1 Major Group Elements	Level 2 Group Elements	Level 3 Individual Elements
A SUBSTRUCTURE	A10 Foundations	A1010 Standard Foundations A1020 Special Foundations A1030 Slab on Grade
	A20 Basement Construction	A2010 Basement Excavation A2020 Basement Walls
B SHELL	B10 Superstructure	B1010 Floor Construction B1020 Roof Construction
	B20 Exterior Enclosure	B2010 Exterior Walls B2020 Exterior Windows B2030 Exterior Doors
	B30 Roofing	B3010 Roof Coverings B3020 Roof Openings
C INTERIORS	C10 Interior Construction	C1010 Partitions C1020 Interior Doors C1030 Fittings
	C20 Stairs	C2010 Stair Construction C2020 Stair Finishes
	C30 Interior Finishes	C3010 Wall Finishes C3020 Floor Finishes C3030 Ceiling Finishes
D SERVICES	D10 Conveying	D1010 Elevators & Lifts D1020 Escalators & Moving Walks D1090 Other Conveying Systems
	D20 Plumbing	D2010 Plumbing Fixtures D2020 Domestic Water Distribution D2030 Sanitary Waste D2040 Rain Water Drainage D2090 Other Plumbing Systems
	D30 HVAC	D3010 Energy Supply D3020 Heat Generating Systems D3030 Cooling Generating Systems D3040 Distribution Systems D3050 Terminal & Package Units D3060 Controls and Instrumentation D3070 Systems Testing & Balancing D3090 Other HVAC Systems & Equipment
	D40 Fire Protection	D4010 Sprinklers D4020 Standpipes D4030 Fire Protection Specialties D4090 Other Fire Protection Systems
	D50 Electrical	D5010 Electrical Service & Distribution D5020 Lighting and Branch Wiring D5030 Communications & Security D5090 Other Electrical Systems
	E EQUIPMENT & FURNISHINGS	E10 Equipment
	E20 Furnishings	E2010 Fixed Furnishings E2020 Movable Furnishings
F SPECIAL CONSTRUCTION & DEMOLITION	F10 Special Construction	F1010 Special Structures F1020 Integrated Construction F1030 Special Construction Systems F1040 Special Facilities F1050 Special Controls and Instrumentation
	F20 Selective Building Demolition	F2010 Building Elements Demolition F2020 Hazardous Components Abatement

Fonte: Uniformat II

Na divisão apresentada no Quadro 3, a combinação das três colunas não se destinam a ser uma listagem exaustiva. Em vez disso, fornecem um esboço geral do que esperar nesse elemento de acordo com os critérios de seleção descritos. (ASTM- E1557-09, 2015)

Para Rodrigues (2015), esta classificação abrange qualquer tipo de edifício, permite obter detalhes particulares necessários para descrever edifícios de uso específico, bem como permite uma organização hierárquica da informação dos modelos no que diz respeito aos elementos, o que torna adequado para gerir a informação nas várias fases do projeto.

ABNT NBR 15965

O sistema de classificação da informação brasileiro foi definido pela ABNT NBR 15965. Esta norma será composta por sete partes, das quais quatro delas já se encontram publicadas. A montagem da estrutura de classificação foi baseada na norma internacional ISO 12006-2 de 2001 que foi traduzida pela ABNT ISO 12006-2 em 2010. A ISO 12006-2 foi revisada em 2015 e traduzida pela ABNT em fevereiro de 2018.

A NBR 15965 tem por objetivo estabelecer a terminologia e a estrutura de classificação para tecnologia de modelagem da informação da construção pela indústria brasileira de arquitetura e engenharia. Ela ainda define os princípios do sistema e os grupos de classificação para o planejamento, projeto, gerenciamento, obra, operação e manutenção dos empreendimentos da construção civil.

A organização das informações tem origem em um quadro que parte das seis grandes classes de construção propostas pela ISO 12006-2 (espaços, resultados, processos, recursos, propriedades/características e informações). O Quadro 04 apresenta essa divisão.

Quadro 04 – Estrutura de classes (ABNT 15965-1:2011)

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

Fonte: ABNT 15965-1:2011

A partir do quadro principal (Quadro 03) é proposta uma ordenação de códigos que possibilita realizar o detalhamento dos elementos em níveis diferentes. Um exemplo exibido pela norma é apresentado no Quadro 05.

Quadro 05 – Exemplo da proposta de classificação (ABNT 15965-1:2011)

Código	Termo
2C.30.00	Aberturas, passagens e proteções
2C.30.20.00	Janelas
2C.30.20.11	Componentes de janelas
2C.30.20.11.11	Perfis para janelas
2C.30.20.11.14	Caixilhos e peitoris para janelas
2C.30.20.11.17	Venezianas
2C.30.20.14	Janelas por tipo de material

Fonte: ABNT 15965-1:2011

2.5 Verificação Automática de Regras de Projetos

Uma das aplicações possibilitadas pela tecnologia BIM é a verificação de regras, normas e códigos de construção aplicadas aos projetos de maneira automatizada. São muitos os agentes que demandam documentação relacionada aos projetos de construção. Entre eles estão os projetistas, os contratantes públicos e privados, tais como as entidades governamentais, como prefeituras e governo Estadual, além de concessionárias de serviços básicos de água, esgoto e energia, e ainda os bancos financiadores da construção, as agências reguladoras, entre outros. Os projetos ainda devem estar de acordo com uma ampla gama de normas, regulamentos e leis, e necessitam passar pela conferência dos agentes envolvidos no processo. Portanto, a proposta de automatização vem como facilitadora e promotora de velocidade destes trabalhos, e no atendimento dos requisitos com ganhos de assertividade.

Para Solihin e Eastman (2015), o objetivo final de um sistema totalmente automatizado de verificação de regras é possibilitar a liberação de especialistas no direcionamento de seus focos e esforços em outros tipos de regras e problemas que se apresentem ainda mais complexos, importantes e ou que sejam difíceis de definir e automatizar.

Para Nawari (2011), a verificação de regras automatizadas confere a regulação corrente sem modificar um projeto de construção, e ainda realiza a avaliação com base na configuração de objetos paramétricos, nas suas relações ou atributos, apresentando resultados em formatos como "PASS", "FAIL", "ATENÇÃO", ou "DESCONHECIDO" para as condições em que as informações solicitadas sejam incompletas ou faltosas.

2.5.1 - Iniciativas de verificação automática

Existem poucas iniciativas conhecidas, relacionadas a tecnologia de verificação automática de normas e códigos de construção. A seguir estão descritas as mais relevantes, com destaque para os seus principais pontos.

CoreNet – Singapura

Uma das primeiras iniciativas desenvolvidas para a verificação de códigos automatizada, segundo Malsane et al. (2014) e Eastman et al. (2008), foi a da CORENET (*Construction and Real Estate Network*). Financiada pelo Ministério do Desenvolvimento Nacional de Singapura, se trata de um sistema de submissão eletrônica pela internet, e foi implantado com objetivo de agilizar os processos de negócios da indústria da construção a fim de melhorar o tempo de resposta, produtividade e qualidade. É composto de três módulos para a fase de projeto: CoreNet e-Submission (plataforma web para submissão de arquivos digitais), CoreNet e-PlanCheck (sistema que realiza a verificação) e CoreNet e-Info (repositório de arquivos com os códigos de construção).

Em 1995, o sistema “BP-Expert” verificava desenhos em 2D e, posteriormente, em 2000 esse sistema foi substituído pelo *e-plan check* como parte do projeto do CORENET. Para que este sistema fosse funcional para todos os intervenientes, existiu a necessidade intrínseca de usar o formato IFC para obter uma comunicação e interoperabilidade estáveis. O *e-plan check* foi desenvolvido em uma plataforma própria independente, *Fornax*. Essa plataforma é uma biblioteca de objetos escrito em C ++. Cada objeto contém todos os atributos relevantes para os códigos de Singapura, bem como suas respectivas regras. (BELL, et al., 2009)

O plano de verificação inclui regras sobre como lidar com controle de construção, código de incêndio, saúde ambiental, habitação residencial, habitação pública, estacionamento de veículos. O módulo de construção inclui ainda regras sobre o sistema de alarme elétrico, incêndio, sistema de extintores de incêndio, sistema de hidrante de incêndio, ventilação, sanitários, sistema de canalização e drenagem superficiais, sistema de tubulação de gás e serviços de água.

Segundo Eastman (2009), o sistema da CORENET é o mais maduro dos esforços realizados para verificação de regras com recursos computacionais e é usado de forma produtiva desde 2008. Mais de 2.500 empresas, que incluem arquitetos, engenheiros, topógrafos e outros profissionais, relatam estar usando esse sistema para a apresentação de planos ao governo de Singapura.

Malsane et al. (2015) pondera que apesar das tentativas em curso para implementar a verificação automatizada de códigos, a CORONET encontra dificuldades com a verificação da qualidade dos dados e da sua incapacidade de suportar a verificação de padrões de projeto ao longo das diferentes fases de concepção.

Statsbygg - Noruega

Impulsionado pela indústria da construção da Noruega, com apoio das normas do país e pela building Smart, a agência governamental Statsbygg, emulou o trabalho do *ePlanCheck* realizado pela CORENET, afirma Eastman et al., 2009.

Ainda segundo o autor, a Statsbygg é o maior cliente do setor de AEC da Noruega e realiza projetos de pesquisa e desenvolvimento para melhorar a eficiência de planejamento, construção e gestão da sua carteira imobiliária. Eles experimentaram vários sistemas como parte de seus esforços para estender o uso do BIM baseado em IFC para todo o ciclo de vida do projeto. Foram realizados pilotos em projetos, com a troca de dados através de uma ampla seleção de software para atender às várias fases e tarefas de seus respectivos ciclos de vida. Um dos pilotos mais representativos foi o projeto HITOS (Troms University College) que realizou esforços na verificação automatizadas de regras utilizando dois programas: o *dRofus* e o SMC. O *dRofus* foi utilizado para verificar os requisitos do programa espacial para regras específicas de construção para vários de seus edifícios universitários, já o SMC foi utilizado para avaliar as regras de acessibilidade.

Eastman *et al.* (2009), complementa que a parte de verificação de regras de acessibilidade, com a utilização do Solibri, foi baseada em templates e funcionalidades contidos no software. Porém, algumas regras foram desenvolvidas pela Solibri especificamente para este projeto. Ele afirma ainda que a Statsbygg descobriu que a verificação implementada pelo SMC poderia reduzir em 60% a 70% as falhas ou deficiências comuns de projetos.

Malsane et al. (2015), pondera que o sistema da Statsbygg, com a utilização do Solibri, não suporta o aprimoramento desses modelos de dados e, portanto, não

pode ser usado para verificação de conformidade de atributos não suportados pelos fornecedores BIM atuais.

Lee et al. (2016), considera que embora os projetos pilotos realizados pela Statsbygg demonstraram a viabilidade crescente da verificação de código baseada em BIM, ainda é um processo fechado e pouco claro, em termos de como o software comercial implementa os códigos, padrões e regulamentos relacionados para regras computacionais.

DesignCheck - Austrália

Semelhante ao e-PlanCheck da CORENET em Singapura, o DesignCheck objetiva a verificação automatizada de códigos aplicada a projetos, com foco em regras de acessibilidade. Porém, tem aplicações para arquitetos e projetistas para várias fases de projeto em vez de apenas certificadores da construção.

Segundo Malsane *et al.* (2015), o DesignCheck tem como vantagem a capacidade de verificar a conformidade em vários estágios no processo do projeto, porque tem um esquema de regra para as fases iniciais do projeto e outras para as fases mais detalhadas, bem como para a especificação.

O Centro de Pesquisa Cooperativa para Inovação da Construção na Austrália financiou projeto que incluiu a *Organization of Scientific Research and the Industrial Community* (CSIRO), a Universidade de Sydney e o conselho de códigos de construção australiano (ABCB). Esse esforço objetivou a verificação dos códigos australianos, antes de iniciar sua implementação, avaliou as capacidades dos sistemas de verificação de regras existentes para descobrir qual a melhor abordagem para apoiar a informatização dos padrões australianos. Tanto o *Solibri Model Checker* quanto o *Express Data Manager* (EDM) foram considerados como plataformas possíveis para a verificação automatizada de códigos, até que a EDM foi selecionada.

Segundo Eastman et al. (2009), a plataforma EDM foi escolhida por oferecer um ambiente de desenvolvimento mais flexível e aberto, porque o sistema fornece uma linguagem de acesso público para representar os códigos de construção. No

entanto, o conhecimento na linguagem de programação EXPRESS é limitado a apenas um pequeno grupo de pessoas que aprendem por conta própria (em relação ao C++ ou Java).

Bell et al. (2009), afirmam que o *EDM Model Server* é uma plataforma muito poderosa, que permite ao usuário a construção de regras computáveis em um formato de padrões abertos, e fornece um ambiente em que estes podem ser executados. A plataforma é flexível, mas também complexa, e requer profissionais altamente qualificados para executar. O autor complementa ainda que o modelo IFC pode ser executado diretamente no EDM.

Malsane et al. (2015), assegura que o *DesignCheck* ainda não tem a capacidade de visualizar modelos 3D e todos os relatórios são baseados em texto.

SmartCode - International Code Council (ICC) – Estados Unidos

A *International Code Council (ICC)* escreve a maioria dos códigos de construção utilizados por várias instâncias na América do Norte. Os códigos são destinados para a construção de edifícios residenciais, comerciais e a maioria dos edifícios públicos. Em 2006, a ICC começou a apoiar o desenvolvimento do *SmartCodes* em conjunto com as empresas de consultoria *AEC3* e a *Digital Alchemy*.

O *SmartCodes*, como as demais iniciativas, objetiva automatizar a verificação de conformidade das regras e códigos da construção utilizando projetos construídos em plataformas BIMs. Porém, o foco está na tradução das regras e não na plataforma ou software de verificação. Geralmente, esse processo de tradução requer muitas interações entre os especialistas conhecedores do conteúdo técnico das normas e os desenvolvedores de softwares. Com o objetivo de simplificar esse processo, o *SmartCodes* desenvolveu uma metodologia para aplicar tags a cópias eletrônicas dos códigos com uso de um dicionário. É feito a identificação do verbo, do sujeito, e o contexto de cada requisito. As regras são então extraídas automaticamente, seguindo um padrão matemático restrito, em um esquema de restrições IFC. Essas restrições são mapeadas para o modelo de dados de construção IFC, através de um dicionário de *tags*. Concluída essa etapa, as regras podem ser executadas usando o *Solibri Model Checker*, ou o *AEC3 XABIO*.

Segundo Malsane et al. (2015), o projeto SmartCodes tem se concentrado principalmente em resolver o problema de transformar códigos baseados em papel (de que existem milhares) em regras interpretáveis por uma máquina.

Para Bell et al. (2009), o projeto SmartCodes é mais sobre um processo, que irá capturar a essência de um código de construção e converter em uma regra computável, do que mera ferramenta.

Segundo informação do site da Digital Alchemy (2017), que é uma das empresas desenvolvedoras do programa, o projeto perdeu o financiamento devido à recessão americana em 2008, mas a tecnologia permanece e está pronta para aplicação em várias áreas, com capacidade para melhorar consideravelmente a eficiência na indústria de construção.

General Services Administration (GSA)– Estados Unidos

Outra iniciativa para automação da verificação de conferência de regras ocorrida nos Estados Unidos, foi promovida pela *General Services Administration (GSA)* que é um dos principais *drivers* do BIM nesse país. A GSA, em conjunto com o *Georgia Institute of Technology*, desenvolveu um aplicativo que executava verificações de regras aplicadas aos projetos dos tribunais federais dos Estados. As regras se basearam no “*Courts Design Guide*”, e eram utilizadas para avaliar as regras de projeto relativas a circulação e segurança, auxiliando os arquitetos na validação dos projetos. Para esta verificação foi utilizada a plataforma SMC, com desenvolvimento um *plug-in* específico para a iniciativa.

De acordo com Eastman et al. (2009), a verificação se baseia na conectividade dos ambientes, nos nomes dos espaços e zoneamento de segurança entre os andares. Todo os projetos da GSA, realizados a partir de 2009, são avaliados dessa forma e essa verificação de espaços é 90% automatizada.

Lee et al. (2016), sustenta que esse sistema de verificação é limitado em relação a necessidade de criação de novos tipos de regras e necessitaria de desenvolvimento de programação por parte do fabricante do software

2.5.2- Processo de verificação automática de projetos

O processo de construção da lógica de verificação automatizada de regras é uma tarefa complexa. A principal dificuldade ocorre em função das normas e códigos de construção serem escritas por agentes diferentes, em momentos distintos, com linguagens diversas. Muitas delas são ambíguas, interpretativas ou trazem conceitos implícitos. Essa dificuldade é ampliada em função da elevada quantidade de normas e códigos existentes que estão em constante transformação.

Solihin e Estman (2015) afirmam que as normas e códigos necessitam de interpretação das regras, exigindo um significativo domínio do assunto. Existem conceitos implícitos e relações com outras normas, e para parametrização de regras, é necessário fazer essa compreensão, para que a máquina faça essa verificação de forma correta.

É importante reconhecer que os regulamentos de construção são complexos e, por vezes, de natureza subjetiva. Portanto, especialistas de regulação precisam estar envolvidos na sua conversão em regras decodificáveis de computador para garantir as interpretações corretas para o código de verificação. (MALSANE et al., 2015)

Frente ao cenário exposto, identifica-se a importância da estruturação de um processo de compreensão e construção das regras. Eastman et al. (2009), afirmam que esse processo é composto de quatro etapas: tradução das regras, preparação do modelo 3D, construção e execução da verificação e o relatório da verificação.

A compreensão é uma das etapas mais complexas do processo de construção da parametrização das regras. O objetivo dessa etapa é traduzir as normas escritas para que sejam aplicadas a linguagem computacional. A interpretação é crucial para transformá-las, em definições mais precisas, eliminando assim a ambiguidade e a clarificação da verificação de conceitos ou princípios.

A tradução normalmente é alcançada através de uma série de perguntas que auxiliam o processo de interpretação, na descoberta de expectativas, clarificando pressupostos implícitos que ajudam a completar a compreensão do que precisa ser verificado. (SOLIHIN; EASTMAN, 2015)

Vale ressaltar que a etapa de preparação do modelo é fundamental para o sucesso da verificação. A verificação é feita a partir da análise das informações contidas no modelo, e necessitam ser padronizadas de forma a atender os processos a que se destinam. O conteúdo e o modo como o modelo 3D paramétrico é construído tem influência direta na qualidade, complexidade e eficiência do software que fará a verificação automática das regras. O nível de detalhamento também deve ser adequado a parametrização das regras. Portanto, é necessário que, na fase de definição do escopo do projeto, sejam incluídos também requisitos mínimos necessários para o desenvolvimento do modelo em BIM.

Os modelos paramétricos devem ser construídos a partir de requisitos com a definição explícita do que o modelo deve conter. Essa documentação deve compor um contrato, para tanto o modelador como para o implementador, entenda o que deverá ser entregue. (SOLIHIN; EASTMAN, 2015)

A *Model View Definition* (MVD) é uma metodologia adotada pela buildingSMART na implementação de projetos baseados em IFC. Ele geralmente inclui os tipos de geometria desejadas pelos receptores, as variáveis críticas e as restrições de subtipos de entidade de relevância no caso de aplicação. (SOLIHIN; EASTMAN, 2015)

Nas etapas de construção e verificação, são geradas condições e restrições consistentes, precisas e quantificáveis para cada regra. É analisado a lógica da regra em termos de condições aninhadas, condições combinatórias e os problemas lógicos. Nessa etapa ainda são realizadas provas e contraprovas.

Por fim, a etapa do relatório de verificação é o produto final desse processo. Os relatórios retornam aos interessados os resultados da verificação de regra, de maneira a facilitar a correção das questões identificadas.

2.5.3 - Classificação de regras

Em função das dificuldades em parametrizar as regras para a conferência automática explicitadas na seção anterior, é esperado que não será possível verificar a totalidade das regras contidas nos códigos de construção. A classificação

das regras consiste em uma análise do conteúdo das mesmas avaliando a possibilidade de automação dessa conferência por sistemas e softwares, a fim de mensurar de maneira quantitativa o número de regras que são possíveis de serem parametrizadas e o grau de complexidade das mesmas. Essa classificação pode servir como indicador do quanto do código completo foi possível verificar automaticamente, fornecendo uma análise da aplicabilidade dos sistemas de automação das regras ao mesmo.

Mainardi Neto (2016), afirma que a classificação das regras para fins de verificação automatizada permite avaliar a viabilidade e as dificuldades que serão enfrentadas na etapa de tradução das regras, proporcionando assim melhoria de planejamento para esse processo.

Com o objetivo de mensurar o grau de complexidade das regras criadas, os autores Solihin e Eastman (2015), propuseram uma classificação em quatro classes gerais de regras. Sendo a regra da classe 1 a mais simples, e a regra da classe 4 a mais complexa. O Quadro 06 apresenta essa classificação.

Quadro 06 – Classificação de regras proposta por Solihin; Eastman 2015

Classe	Descrição
1	Regras que necessitam de poucos dados. A verificação utilizará informações existentes nos componentes, como dados presentes em parâmetros. Exemplo desta classe é a verificação da presença de informação do código do componente conforme a padronização de classificação
2	Regras que necessitam de um valor derivado simples, como geometria, utilizando-a para a verificação. Um exemplo disto é a verificação de espaçamento entre dois objetos, onde a informação não está contida no componente, utilizando-se da geometria como referência.
3	Regras que necessitam de uma estrutura complexa de dados, onde o software utilizará dados geométricos, topológicos, propriedades e possivelmente algoritmos para verificação. Um exemplo desta classe é a análise de distribuição de detectores de fumaça onde é necessária uma triangulação e criação de um mapa de cobertura para saber se todo o ambiente está coberto. Segundo o autor, a plataforma que alcançou esse tipo de classe é o FORNAX.
4	Regras que sugerem uma solução ao problema. Utilizando o mesmo exemplo da classe 3, a má distribuição resultará em um aviso e, na classe 4, a plataforma é também capaz de sugerir resoluções ao projetista.

Fonte: Solihin; Eastman (2015) apud Mainardi Neto (2016)

2.5.4 - Plataforma de verificação automática - Solibri Model Checker

O programa *Solibri Model Checker* (SMC) é um software que foi desenvolvido em ambiente java pela empresa Solibri.Inc, e que tem como funcionalidades analisar modelos BIM com um conjunto de regras para identificar e avisar de potenciais problemas, conflitos ou violações que possam vir a existir num determinado modelo de informação (Eastman et al., 2009).

O SMC utiliza o formato IFC para leitura dos modelos. Ele possui uma série de templates de regras prontos, que podem ser customizados pelo usuário. O nível de customização é amplo, e possibilita que um mesmo template possa atender a

diversos tipos de situações. Todos os parâmetros incluídos em cada regra podem ser editados, bem como seu grau de severidade, o que faz com que elas possam ser adaptáveis a uma determinada realidade. O software ainda possibilita a combinação de regras e templates diferentes ampliando significativamente a sua abrangência. Porém, existe um fator limitador. A construção ou modificações dos templates existentes só pode ser realizada pelos desenvolvedores do SMC restringindo a possibilidade de customização realizada pelo usuário.

A interface com o usuário é relativamente simples, não sendo necessário este tenha conhecimento em linguagem de programação. O software possui vários tutoriais e exemplos de regras já customizadas que facilitam muito o aprendizado.

Uma vez que as regras estejam parametrizadas, a aplicação nos modelos ocorre de maneira rápida e dinâmica. O software produz um relatório identificando quais as regras foram atendidas e quais não foram. As regras que não foram atendidas podem ser visualizadas dinamicamente na posição exata que ela se encontra no modelo facilitando a identificação do problema por parte do usuário.

Além da verificação, o software possui ainda uma funcionalidade denominada "Information Take off" que possibilita uma extração selecionada de objetos do modelo a partir de regras pré-estabelecidas. Funciona como um "filtro" onde é possível selecionar elementos e extraí-los para uma tabela do SMC. Como por exemplo é possível criar uma regra onde se extraia as janelas dos ambientes classificados como quarto, ou as paredes classificados como externas, ou as tomadas que estão na divisa de dois apartamentos ou mesmo extrair todos os elementos contidos no modelo. Os objetos extraídos trazem todas as informações contidas neles desde propriedades geométricas como área e volume, além de outras que estão inseridas nos elementos como por exemplo propriedades térmicas e acústicas, ou códigos de identificação, enfim qualquer informação que esteja contida nos objetos. Essa extração é organizada em uma tabela interna do SMC que pode ser configurada onde os elementos extraídos estão nas linhas e todas as propriedades desses elementos selecionadas organizadas nas colunas. Essa planilha ainda pode ser extraída para o Excel. Essa funcionalidade permite a troca de dados selecionados e pode ser utilizada para alimentar ou integrar com sistemas de compras das empresas.

2.6 Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575:2013)

A norma brasileira ABNT NBR 15.575:2013 “Edificações Habitacionais – Desempenho”, mais conhecida como norma de desempenho (ND), ocasionou eminente impacto no setor da construção civil, desde a publicação da sua primeira versão em 2008. Pois, naquele momento, o setor não se considerava pronto para atender às novas exigências e, por isto, solicitou o adiamento da sua vigência além de uma revisão completa do texto, com a finalidade de deixá-la aplicável. Após um longo período de discussões a nova versão foi publicada em 19 de fevereiro de 2013, com início de sua validade a partir de 19 de julho de 2013. (CBIC, 2013)

A norma de desempenho busca alavancar tecnicamente a qualidade dos imóveis e tem como novidade o fato de estar centrada no comportamento em uso da edificação, independentemente do sistema construtivo adotado ou dos materiais utilizados. A ND traduz necessidades de usuários em requisitos mínimos de desempenho, que deverão ser atendidos no uso do edifício habitacional e dos sistemas que o compõem, sob determinadas condições de exposição. (ABNT, 2013)

A palavra desempenho, que em última instância significa comportamento em utilização, foi escolhida para caracterizar o fato de que um produto deve apresentar certas propriedades que o capacitem para cumprir sua função quando sujeito a certas ações. (SOUZA, 2015)

Ao contrário das normas tradicionais, que prescrevem características dos produtos com base na consagração do uso, normas de desempenho definem as propriedades necessárias dos diferentes elementos da construção, independentemente do material que o constitui. (CBIC, 2013)

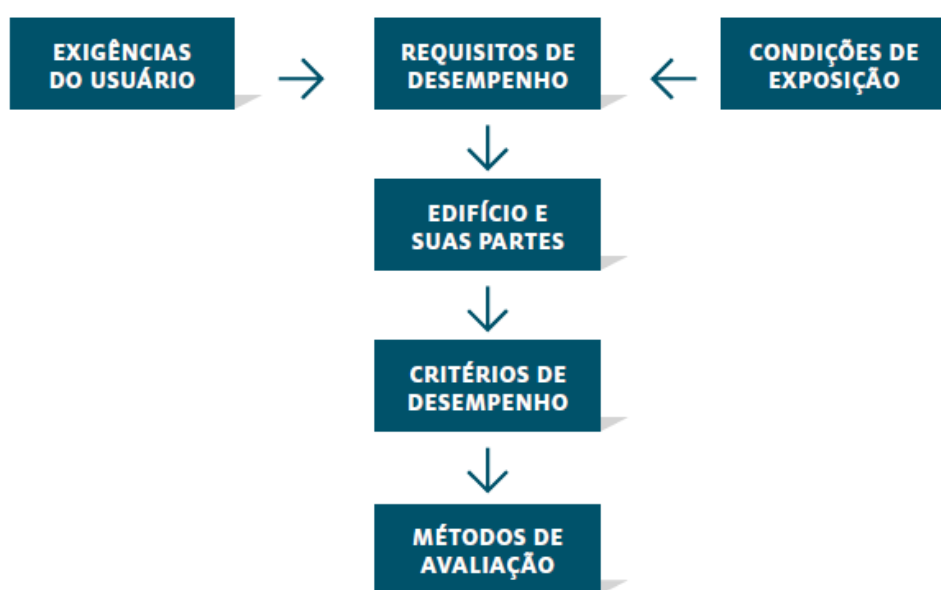
A metodologia proposta pela ND para aplicação do conceito de desempenho na avaliação do edifício, implica inicialmente em estabelecer os requisitos de comportamento, observando as necessidades dos usuários que serão servidos pelo edifício nas condições de exposição a que ele estará submetido. Essas condições são um conjunto de ações externas (ação do vento, radiação solar, chuva, calor, umidade...), e internas (fogo, esforços de manuseio, ruídos gerados internamente,

ataques químicos por produtos de limpeza...). Outros critérios de desempenho emergem em função dos requisitos e os métodos de avaliação. A norma está concentrada no desempenho geral dos sistemas de modo conjunto, e não avalia cada item isoladamente. Os requisitos de desempenho são expressos em termos qualitativos; os critérios de desempenho, em termos quantitativos; e os métodos de avaliação para mensurar o desempenho variam de acordo com o momento ou com o objetivo da avaliação. Estes podem ser: análises de projeto, inspeções em protótipos, medições *in loco*, ensaios em laboratório, etc.

Um dos grandes desafios para a utilização da abordagem de desempenho na construção civil é a compreensão das necessidades dos usuários em requisitos e critérios que possam ser mensurados de maneira objetiva, dentro de determinadas condições de exposição e uso, e que sejam viáveis, técnica e economicamente, dentro da realidade de cada sociedade, região ou país (BORGES e SABBATINI, 2008, p.16).

Souza (2015) propõe um esquema para ilustrar a abordagem da ND, conforme pode ser observado na Figura 01.

Figura 01 - Metodologia de avaliação de desempenho



Fonte: (Souza 2015), pg 19

A norma estabelece um patamar mínimo (M) de desempenho, que deve ser obrigatoriamente atingido pelos diferentes elementos e sistemas da construção.

Para alguns critérios são indicados outros dois níveis de desempenho sem caráter obrigatório: intermediário (I) e superior (S). Para o desenvolvimento do presente trabalho foi considerado somente o patamar mínimo obrigatório. (ABNT, 2013)

Outra característica importante da NBR 15.575 (ABNT NBR 15575:2013) é a sua abrangência, uma vez que agrupa e referencia outras 255 normas nacionais e internacionais. Cabe ressaltar que os requisitos e critérios de desempenho são complementares às normas prescritivas, sem substituí-las.

Em relação a sua estrutura, a NBR15.575 é dividida em seis partes: Requisitos gerais; Requisitos para os sistemas estruturais; Requisitos para os sistemas de pisos; Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE; Requisitos para os sistemas de coberturas; Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Para cada parte existem exigências relativas à segurança (estrutural, contra incêndio, no uso e operação), habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico e acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental).

Em todos os requisitos prevalece o foco nas necessidades dos usuários durante o uso da edificação, como por exemplo, no desempenho acústico, em que o sistema de paredes e revestimentos devem atenuar um determinado valor de ruído proveniente do apartamento vizinho. Outro exemplo é o sistema de fachadas e janelas, que devem ser estanques a água proveniente das chuvas, com uma determinada pressão de vento, de acordo com a característica da região. (CBIC, 2013)

A ND busca simular situações reais de uso, e resalta que para todos os requisitos, há exigências que devem ser atendidas durante períodos de tempo específicos. A vida útil de cada sistema e subsistema é estabelecida pelo projetista. Para os sistemas principais a norma determina obrigatoriedade de atendimento de tempos mínimos, tais como: sistema de estrutura - 50 anos; sistema de cobertura - 20 anos; pisos internos - 13 anos. (ABNT NBR 15575: 2013)

Vale destacar que uma parte significativa desses requisitos exigidos são aplicados aos projetos e, em outros momentos, a NBR 15.575 ainda estabelece o projeto como critério de avaliação de atendimento a outros requisitos.

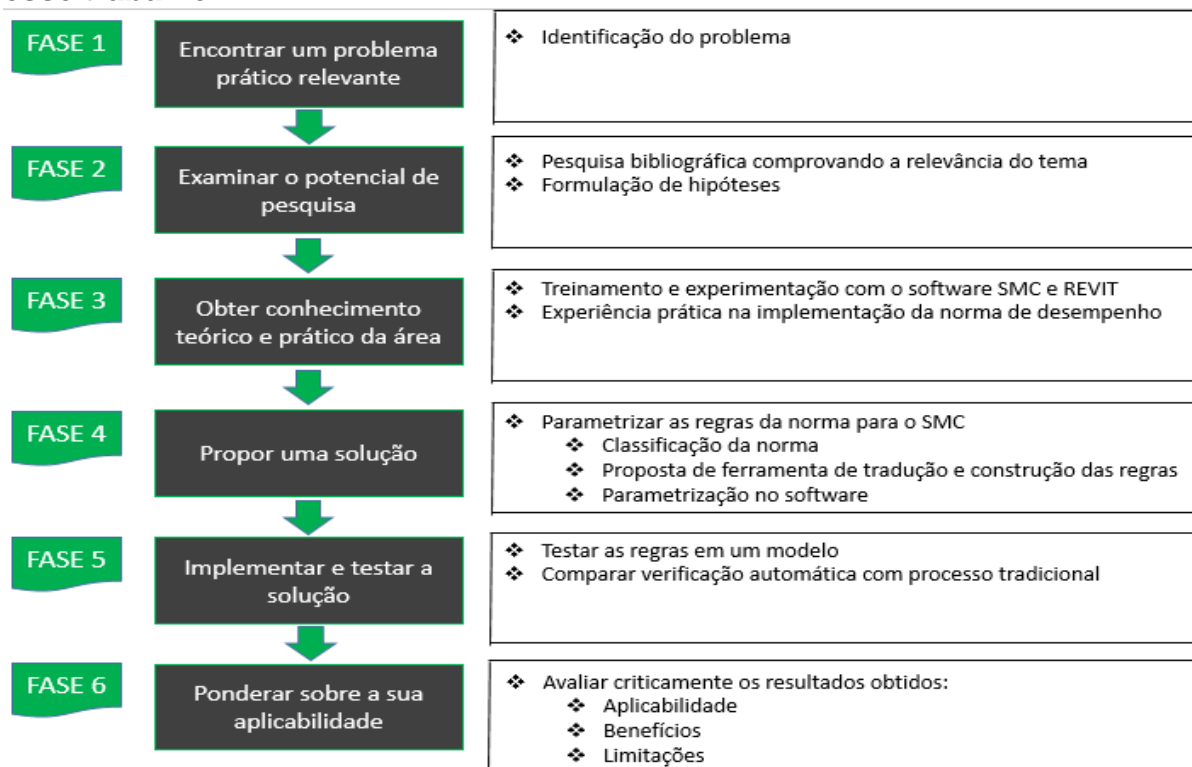
3. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Introdução

A investigação proposta para esse trabalho é baseada na abordagem de pesquisa construtiva (*constructive research*). De acordo com Lukka (2003), este é um procedimento de investigação para a produção de construções inovadoras, destinadas a resolver problemas. Uma característica importante dessa metodologia é o modo como o pesquisador participa do processo estudado, que intervém ativamente em todo o processo, de modo efetivo. Diferentemente de um estudo de caso, onde pesquisador geralmente age como um observador interferindo o mínimo possível no processo.

Conforme a Figura 02, o método da pesquisa construtiva desenvolve-se em seis fases a saber: (i) encontrar um problema prático relevante, (ii) examinar o potencial de pesquisa, (iii) obter conhecimento teórico e prático da área, (iv) propor uma solução, (v) implementar e testar a solução e (vi) ponderar sobre sua aplicabilidade. (LUKKA, 2003)

Figura 02 – Aplicação das fases da pesquisa construtiva proposta por Lukka a esse trabalho



Fonte: Autor

Fase 1 - Encontrar Um Problema Prático Relevante

A verificação do atendimento dos parâmetros normativos exigidos nos projetos de arquitetura e engenharia é um problema emergente. Essa é uma atividade complexa, que exige constante busca de conhecimento dos profissionais da área, em função do número de requisitos que se busca atender, da dificuldade de verificação manual, e dos prazos curtos para desenvolvimento. Por isto, encontrar projetos em desacordo com as normas não é incomum. Nesse contexto, está enquadrada a norma de desempenho, que apresenta muitos códigos normativos e requisitos de verificação na fase de projetos.

Fase 2 – Examinar o Potencial de Pesquisa.

Em conformidade com a revisão teórica apresentada na seção 2.5, o procedimento de conferência de projetos, por meios computacionais e com a utilização de ferramentas BIM, é um processo inovador, e as iniciativas neste sentido, no âmbito

nacional e internacional, ainda são incipientes e pouco difundidas. Existem muitas barreiras que precisam ser vencidas para que essa tecnologia seja mais utilizada. Por esse motivo, é relevante que sejam realizadas pesquisas sobre o tema para contribuir no desenvolvimento desse processo.

A presente pesquisa direcionou esforços para obter respostas para questões apresentadas na seção 1.2, de modo a contribuir para a teoria existente sobre o assunto.

Fase 3 – Obter Conhecimento Teórico e Prático da Área.

Segundo a método *Constructive Research*, é necessário que o pesquisador obtenha conhecimento teórico e prático da área limitada pela pesquisa. Porém, a comprovação dessa exigência não é tarefa fácil de ser realizada (LUKKA, 2003). Nessa seção pretende-se fazer um breve relato sobre a experiência adquirida na implementação da norma de desempenho, na utilização de processos BIM e na utilização do software SMC.

A experiência adquirida na ND ocorre da atuação do autor desta pesquisa como responsável por implementá-la em uma incorporadora brasileira de grande porte. A primeira etapa dessa implementação foi a realização de um diagnóstico completo para conhecer o desempenho dos sistemas construtivos utilizados pela empresa e se os mesmos atendiam as exigências estabelecidas pela NBR 15.575. Essa avaliação incluiu todas as variáveis que poderiam influenciar o desempenho dos sistemas abordados pela norma como por exemplo: as variações de projetos; de condições de entorno aos empreendimentos; de materiais utilizados; de métodos construtivos empregados pela incorporadora entre outros. Essas variáveis geraram uma matriz extensa de combinações e foi necessário ensaiar cada uma delas. A maior parte dos ensaios foram realizados em protótipos reais em empreendimentos que não necessitavam atender a norma uma vez que foram construídos antes do início da vigência da mesma. Além desses, foi necessário analisar os ensaios realizados pelos fornecedores nos materiais aplicados nesses edifícios. Apesar da norma avaliar o desempenho final do sistema, essa análise dos ensaios dos elementos que compõe o mesmo se faz necessária para entender a influência de cada um no desempenho final de cada sistema. Por exemplo, uma parede de

fachada deve ter um desempenho acústico para atenuar um determinado número de decibéis emitidos por fontes de ruídos externas a edificação. Essa parede é composta pelos elementos: blocos; revestimentos e janelas. O desempenho acústico dessa parede é influenciado pelo desempenho de cada componente individualmente além do processo de como eles foram aplicados para construir essa parede.

Na segunda etapa dessa implementação da NBR15.575, a partir dos resultados encontrados, foram estudados os pontos que não atendiam os requisitos da norma. Buscou-se outras soluções de engenharia incluindo novos materiais, inovações e adequações de métodos executivos para garantir o desempenho requerido no melhor custo benefício observando a vida útil de projeto determinada. Cada uma das propostas foi aplicada a novos edifícios e ensaiadas para avaliar se a mesma atendia. Esse processo foi repetido muitas vezes até se chegar a uma especificação final.

É importante destacar que para apoiar essas duas etapas foi necessário envolver os projetistas de diversas disciplinas como estrutural, lumínico e arquitetura no estudo das novas exigências. Além disso foi necessário contratar consultores, especialistas nos assuntos novos trazidos pela norma, como desempenho acústico e térmico. Nessas duas etapas foram realizados em torno de 350 ensaios entre os próprios realizados na empresa e os realizados pelos fornecedores de materiais em mais de 15 empreendimentos diferentes.

Por fim, a terceira etapa desse trabalho realizado na empresa foi a revisão de todos os fluxos dos processos. Foi necessário adequações desde o estudo do terreno avaliando as condições de entorno com novos itens na análise de risco e viabilidade, na incorporação incluindo novas informações para o proprietário no momento da compra do imóvel, na contratação dos projetos estabelecendo as novas diretrizes dos mesmos, no treinamento da produção nos cuidados necessários na execução dos serviços para garantir o desempenho especificado, na incorporação de novos processos no sistema da qualidade, no suprimentos especificando como comprar por desempenho, até a entrega da obra incluindo no manual do proprietário as informações sobre a vida útil e manutenção preventiva

além das orientações para a assistência técnica apoiar os clientes e síndico no pós-entrega.

Além da experiência na implantação da norma na incorporadora o autor também participou de vários cursos, palestras e debates relevantes sobre o tema.⁴

Já em relação à experiência adquirida em processos BIM, os conhecimentos decorrem de experimentação prática na implementação da tecnologia na mesma incorporadora, que teve seu início em 2015. Nesse trabalho, primeiramente definiu-se os objetivos esperados pela empresa com a adoção dessa tecnologia. Foi realizado um treinamento inicial por uma consultoria especializada que, apesar de não ter atingido o objetivo inicial que era capacitar as equipes para iniciar os projetos, serviu para ampliar o entendimento sobre as possibilidades e desafios trazidos pela tecnologia. Apenas a partir desse momento a empresa obteve a maturidade necessária para estabelecer uma estratégia de implementação em fases com objetivos e retornos esperados para cada uma delas. Para a construção desse plano estratégico foi necessário mapear e adequar vários fluxos de processos existentes com o envolvimento das áreas de projetos (equipes internas e projetistas externos), orçamento, controle, suprimentos, TI, produção e assistência técnica. Atualmente, a etapa de desenvolvimento de projetos e orçamentação está implementada e no final de 2018 iniciará a etapa de planejamento, controle e suprimentos.

Adicionalmente a esta experiência, incluiu-se 160 horas de treinamentos em softwares BIM, como o *Revit*, *Navis Works* e *Civil 3D* e *Project Wise*.

Em relação ao SMC, o aprendizado se efetivou por meio de um treinamento de 40 horas, e na experimentação e manuseio do software, exigidos para executar a proposta da presente pesquisa.

⁴ Destaco por exemplo, entre outras, as presenças como participante do seminário “Impactos da Norma de desempenho” promovido pela CBIC, Sinduscons e Ministério das Cidades realizado no IPT em SP ocorrido em fevereiro de 2014 e como palestrante no IV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Projetos no Ambiente Construído realizado em agosto de 2015 na Universidade Federal de Viçosa cujo tema da palestra era “Avaliação de Pós-ocupação e Desempenho das Edificações”. Além das várias participações no Comitê Técnico da Associação Brasileira das Incorporadoras (ABRAINIC) em reuniões com a Caixa Econômica Federal e o Ministério das Cidades nas discussões sobre a ND e a implementação da mesma no setor habitacional econômico.

Fase 4 - Propor Uma Solução

A solução proposta está composta de três etapas. A primeira consiste em realizar uma classificação dos requisitos da ND visando identificar quais estão relacionados a projetos que são possíveis verificar automaticamente com a utilização do SMC. Na segunda etapa está proposta uma ferramenta para apoio ao processo de compreensão e construção da parametrização das regras da ND no software. Na última etapa, ocorre a efetiva parametrização dos requisitos de projeto da ND no SMC. Essas três etapas serão detalhadas nas seções 3.2 a 3.4.

Fase 5 – Implementar e Testar a Solução Proposta em Um Estudo de Caso

A implementação e o teste das soluções propostas ocorreram por meio de estudo de um empreendimento em uma incorporadora de grande porte, situada no Estado de Minas Gerais. O projeto, que foi selecionado de modo aleatório, mas que expressa uma metodologia construtiva⁵, é vinculado ao programa habitacional Minha Casa Minha Vida do governo federal brasileiro. Além de avaliar e testar as soluções propostas, buscou-se também nessa fase comparar com o processo de verificação de projeto da forma manual. Essa fase será detalhada na seção 3.5

Fase 6 – Ponderar Sobre a Aplicabilidade

O objetivo dessa fase é analisar de forma crítica os resultados obtidos em relação as soluções propostas e a aplicação no estudo a esta. Foram realizadas comparações com outras pesquisas semelhantes a esta e outros referenciais teóricos sobre o tema, de forma a contribuir com a gestão do conhecimento. Essa fase será abordada nos capítulos 4 e 5.

⁵ Condomínio residencial, composto por 06 torres iguais, com 13 pavimentos cada, com 8 aptos de 2 quartos por andar, totalizando 624 unidades. O sistema construtivo adotado é alvenaria estrutural apoiado em cintas de concreto armado e estacas hélices contínuas. Os projetos das diferentes disciplinas foram compatibilizados de forma a racionalizar a construtibilidade bem como a redução de custos através da adoção de soluções padronizadas e integradas.

3.2 Classificação dos Requisitos de Projeto da Norma NBR 15575

A classificação dos requisitos da NBR 15575 objetiva identificar quais itens estão relacionados aos projetos que são possíveis de verificação com a utilização do SMC. É uma etapa preliminar importante a efetiva parametrização das regras no software, uma vez que é necessário identificar o que será automatizado. Além disso, essa classificação pode ser um indicador do quanto o processo de verificação realizado pelo SMC é aderente a referida norma. Evidencia-se assim o percentual em relação ao total de requisitos que podem ser verificados dessa forma.

A maioria dos requisitos da ND possuem uma relação direta com a etapa de projetos, e muitas exigências relativas a essa etapa podem estar implícitas. Porém, para que essa separação seja transparente, considerar-se-á como requisito de projeto: a) as situações que a ND informa de modo explícito, as premissas de projeto, com a indicação do que eles devem conter, mencionar, ou que se deva fazer de acordo com determinada exigência; b) circunstâncias que a ND indica que o método de avaliação para determinado requisito se dará pela análise de projeto.

Nos Quadros 07 e 08 constam dois exemplos que visam listar tais condições.

Quadro 07 – Exemplo de requisito de projeto – premissa de projeto

Seção 7.2 - Requisito - Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas.

Seção 7.2.2.4 - Premissa de projeto

O projeto deve mencionar a função estrutural ou não dos SVVI (internas) ou SVVE (externa), indicando as normas brasileiras aplicáveis para sistemas com função estrutural ou sem função estrutural.

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE, 2013, pg.6 e 8

Quadro 08 – Exemplo de requisito de projeto – método de avaliação

Seção 14.2 - Requisito - Manutenibilidade das instalações hidráulicas, de esgotos e águas pluviais

Seção 14.2.1 - Critério - inspeções em tubulações de esgoto e águas pluviais - Nas tubulações de esgoto e águas pluviais devem prever dispositivos de inspeção nas condições prescritas, respectivamente nas NBRs 8160 e 10844

Seção 14.2.1.1 - Método de avaliação - verificação do projeto ou inspeção em protótipo.

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 6: Requisitos para sistemas hidrosanitários, 2013, pg.17

Após a conclusão dessa etapa, os requisitos de projeto da ND foram classificados como:

- Requisitos que não são proposições
- Requisitos que reportam a norma específica
- Requisitos que são verificáveis automaticamente pelo SMC
- Requisitos que não são verificáveis automaticamente pelo SMC
- Requisitos que são parcialmente verificáveis pelo SMC

Foram classificados como “Requisitos que não são proposições”, todos aqueles que remetem para situações da norma que transcrevem recomendações ou demonstram indicações vagas, isto é, para situações da regulamentação que não podem ser formulados como uma proposição com a possibilidade de atribuir um conteúdo como falso ou verdadeiro. No Quadro 09 é apresentado um exemplo.

Quadro 09 – Exemplo de requisito que não é uma proposição

Seção 2.2.1 – Implantação

"Para edifícios ou conjuntos habitacionais com local de implantação definido, os projetos de arquitetura, da estrutura, das fundações, contenções e outras eventuais obras geotécnicas devem ser desenvolvidos com base nas características do local da obra (topográficas, geológicas e etc.), avaliando-se convenientemente os riscos de deslizamentos, enchentes, erosões..."

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.14

A norma de desempenho declara que para atender a determinado requisito por ela apresentado, basta cumprir os requisitos de outra norma específica que venha a tratar do mesmo assunto. Os requisitos que possuem essa característica receberam a classificação de “Requisitos que reportam a norma específica”. Um exemplo que representa este tipo de situação está demonstrado no Quadro 10.

Quadro 10 – Exemplo de requisito que reportam a norma específica

Seção 8.3 - Requisito - facilitar a fuga em situação de incêndio

Seção 8.3.1 - Critérios - Rota de fuga

"As rotas de saída de emergência dos edifícios devem atender ao disposto na ABNT NBR 9077."

Seção 8.3.2 - Métodos de avaliação

"Análise do projeto ou inspeção por protótipo."

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.17

Foram classificados como “Requisitos que são verificáveis automaticamente pelo SMC” todos aqueles que tiveram sucesso no processo de verificação automática realizado nessa pesquisa. Os requisitos, que por limitação do software, não puderam ser parametrizados no SMC para a verificação automática foram classificados como “Requisitos que não são verificáveis automaticamente pelo SMC. É apresentado no Quadro 11 exemplos de classificação de dois requisitos da ND verificável pelo SMC.

Quadro 11 – Exemplos de requisitos verificáveis pelo SMC

Seção 16.1.1 - Critério - Altura mínima de pé direito

" A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m".

" Em vestíbulos, halls, corredores, instalações sanitárias e dispensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,30 m.

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.35

Por fim, certas regras demandam de algum tipo de decisão do avaliador. Ou para verificar os resultados, ou para tomar decisões das quais o sistema computadorizado não é capaz de produzir, ou que por limitações do software, ocorre somente parte da verificação de um requisito. Os requisitos que tiverem essas características foram classificados como “Requisitos parcialmente verificáveis pelo SMC”.

3.3 Proposta da Ferramenta de Apoio para Tradução e Construção das Regras no SMC

O SMC contém templates de regras prontos⁶ que podem ser combinados e/ou customizados. Dependendo do requisito da ND será necessário construir e combinar vários templates e regras diferentes para verificá-lo. Esse processo de tradução e parametrização, ainda que complexo, precisa ser transparente para que o usuário final tenha confiança ao aplicar as regras de verificação.

Bell (2009) afirma que o usuário final precisa confiar que as regras aplicáveis são relevantes e corretas. Ao repetir todos os passos utilizados para chegar a cada regra em particular, o usuário terá ampla fonte de documentação adicionada aos seus procedimentos de garantia de qualidade.

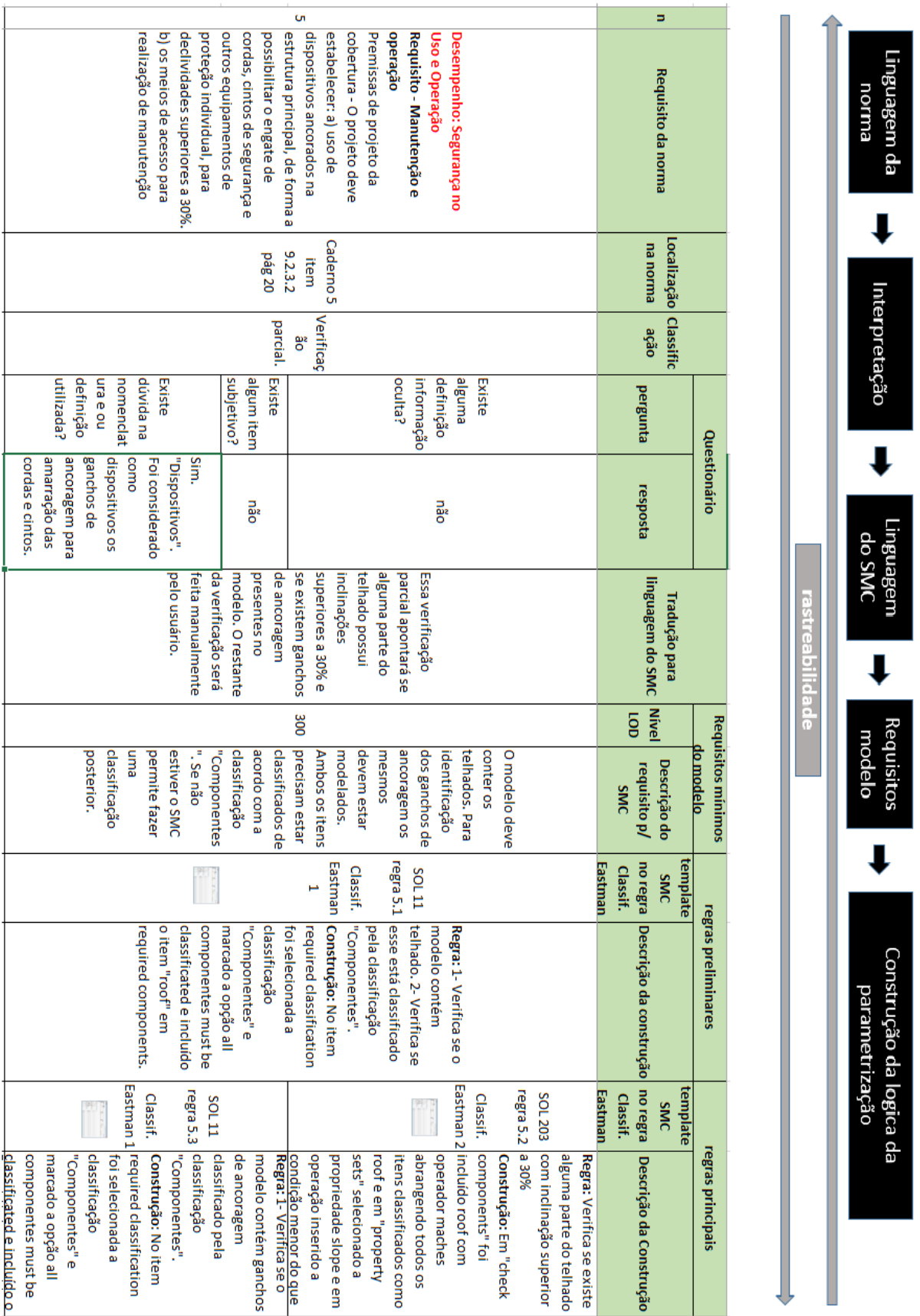
Nessa etapa está preconizado uma tabela que funcionará como ferramenta de tradução, construção e manutenção da parametrização proposta. O objetivo é apoiar

⁶ A lista desses templates existentes do SMC consta no anexo A do trabalho

o trabalho de tradução da linguagem normativa para a linguagem do software, deixando claro o passo a passo de todo o processo de parametrização das regras no SMC. A ferramenta determina um caminho rastreável que pode ser percorrido tanto pelo usuário que está parametrizando as regras, quanto para quem vai utilizá-la depois. Este fato contribui para o entendimento e confiabilidade do usuário final, que terá disponível as informações sobre como cada regra foi parametrizada e quais foram as premissas adotadas. Para o elaborador ou editor, a ferramenta visa possibilitar a organização e a rastreabilidade de seus trabalhos, uma vez que eles podem conter inúmeras regras e templates combinados.

Cabe ressaltar que a ferramenta proposta possui um formato genérico e pode ser utilizada na interpretação/construção de regras de outras normas e códigos, ultrapassando a aplicação para a norma de desempenho.

Figura 03 – Ferramenta proposta para tradução/parametrização das diretrizes normativas no SMC.



Fonte: O Autor

Para melhor elucidar a aplicabilidade da ferramenta proposta no exemplo da figura 3, serão descritos a seguir, de modo detalhado, o passo a passo do processo nela abordado.

Da esquerda para a direita, na primeira coluna, está descrito a transcrição do requisito, na segunda coluna, de modo respectivo, é informada a localização do mesmo na ND. Em seguida, a coluna de classificação segue as regras em conformidade com a seção 2.2, com a ressalva de que só foram transcritos para ferramenta os requisitos verificáveis e parcialmente verificáveis. Na sequência, na etapa da interpretação e tradução, um questionário objetiva elucidar o requisito. Há situações com existência de conceitos implícitos ou relações com outras normas que precisam ser claramente entendidos. Com os requisitos esclarecidos em seus pontos obscuros na etapa anterior, no passo seguinte, de “tradução para a linguagem do SMC”, eles são agora transcritos de uma maneira mais detalhada já com a linguagem de entrada do software.

Na sequência, vem “os requisitos mínimos” que o modelo paramétrico 3D deve conter para que cada regra funcione corretamente. Por fim, vem a etapa de construção da lógica de programação. A maioria dos requisitos da norma exigirá a combinação de várias regras e templates do SMC. Neste processo é necessário criar “regras preliminares” (exemplificado na penúltima coluna da figura 3) que verifiquem se o modelo 3D contém as informações e o nível de desenvolvimento detalhados no passo que o antecede. Na etapa final, constam ainda os números dos templates utilizados, a descrição da construção da parametrização e um *link* que transportará o usuário para a imagem da tela do SMC com a configuração da regra preenchida.

Findos os detalhamentos exemplificativos na figura 3, que objetivou apresentar, a ferramenta proposta, processo de tradução e construção da parametrização sugerida será detalhado no item 3.4 a seguir que incluirá a utilização dessa ferramenta exemplificando essa aplicação.

3.4 Parametrização dos requisitos de projeto da NBR15575 no SMC

Antes de iniciar o processo de parametrização faz-se necessário esclarecer dois pontos: (i) o sistema de classificação da informação da construção adotado nesse trabalho e; (ii) a necessidade de utilização de um modelo 3D paramétrico como apoio na construção das regras.

Sistema de classificação da informação da pesquisa

A definição e os padrões existentes de codificações para os sistemas de classificação da informação, nacionais e internacionais, constam disponíveis para consulta na seção 2.4 do Referencial Teórico. Entretanto, para esse trabalho, optou-se em não adotar na totalidade um desses sistemas de classificações existentes, uma vez que os exemplares de projetos utilizados não foram modelados seguindo esses padrões. Seria necessária uma revisão completa na codificação das famílias⁷ e nomenclaturas utilizadas nos modelos, saindo do objetivo previsto para essa pesquisa.

Para esse trabalho então, foram utilizadas duas listas de classificações da informação da construção. Uma para classificar os espaços e a outra os componentes. A lista dos espaços foi arbitrada. O SMC reconhece como espaço um ambiente da edificação previamente identificado no momento da modelagem. Como por exemplo, sala, quarto, banheiro e etc. assim, é possível aplicar regras diferentes para cada classificação de espaço.

A lista que classifica os espaços recebeu o nome de “espaços arquitetura” e classificou os ambientes pelos possíveis nomes que eles podem conter. Essa classificação arbitrária foi elaborada com referência nos nomes de ambientes mais comuns utilizados no mercado residencial brasileiro e contém todos os espaços citados na norma de desempenho.⁸

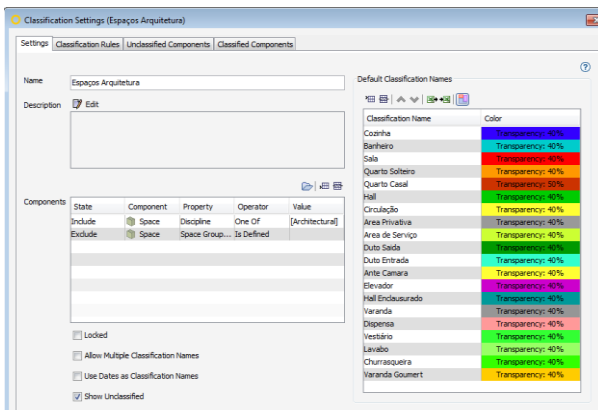
⁷ Termo utilizado pelo software REVIT que define um grupo de elementos com um conjunto de propriedades comum e uma representação gráfica relacionada.

⁸ A NBR 15.965-6 padronizará a nomenclatura dos ambientes, porém ainda não foi publicada.

É importante ressaltar a complexidade de prever todos os possíveis nomes que um ambiente pode ter e, por isso, é fundamental que essa convenção de nomes esteja detalhada nas diretrizes de modelagem. O SMC permite efetuar uma reclassificação posterior, mas essa padronização reduzirá tempo dedicado a essa reclassificação. A Figura 04, mostra a lista de classificação “espaços arquitetura”.

A Figura 04 – Telas do SMC da parametrização da classificação espaço arquitetura.

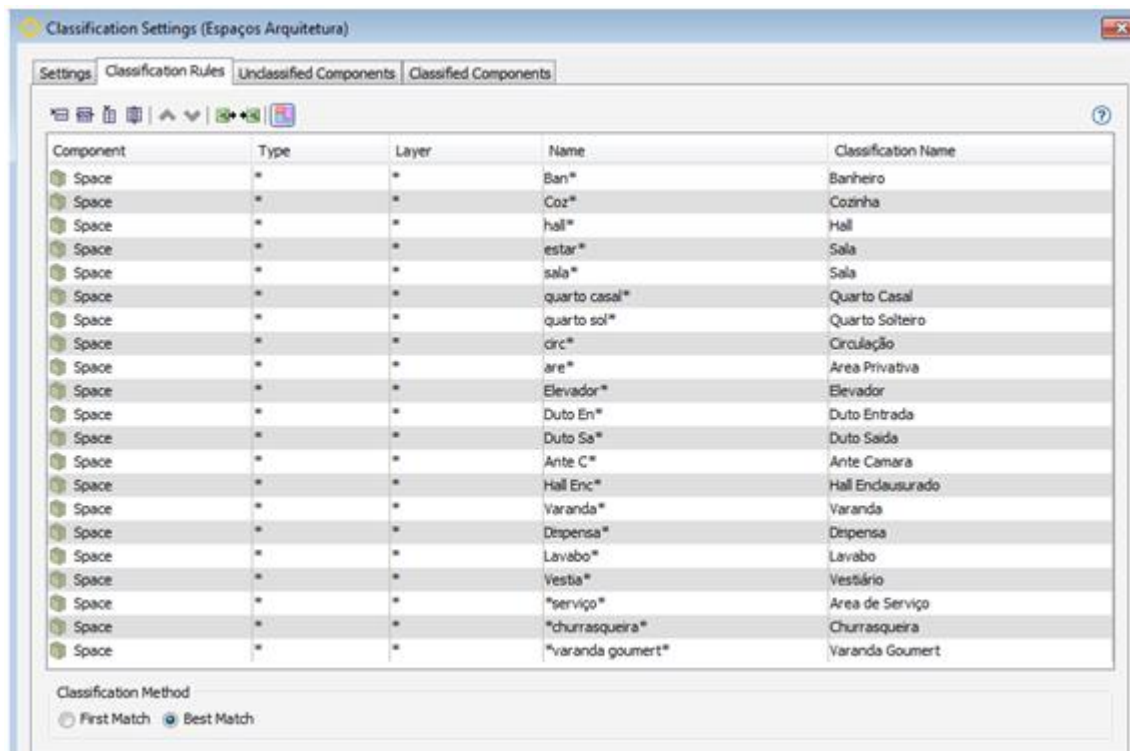
a)



b)



c)



Legenda: a) tipos de classificação; b) vista 2D com os espaços coloridos conforme a convenção da classificação; c) combinações dos possíveis nomes e para cada classificação.

Fonte: O Autor

A segunda lista, nomeada como “componentes”, estão classificados todos os componentes utilizados na construção. Essa lista é maior e mais complexa que a lista de “espaços arquitetura”, uma vez que contém todos os componentes utilizados nos modelos para todas as disciplinas de projeto.

Para essa lista foi utilizada a classificação “*Building Elements-Uniformat*”, contida no SMC, com algumas adaptações, conforme a necessidade. Como por exemplo, a classificação do mobiliário. Pela classificação “*Building Elements-Uniformat*”, contida no software, todos os componentes do mobiliário eram classificados como “outros equipamentos”. Para a conferência de alguns requisitos da norma de desempenho, constatou-se a necessidade de detalhar mais essa classificação. Tal adaptação foi arbitrária, por isto, para uma aplicação profissional, há a necessidade de uma revisão completa.

Independente do sistema de classificação escolhido, seja ele arbitrado, adaptado ou seguindo um dos padrões nacionais e internacionais, é fundamental que essa padronização esteja inserida nas diretrizes de modelagem, para inibir retrabalho de reclassificação no SMC, o que também gera, por consequência, economia de tempo, sendo este um dos objetivos do sistema automatizado de conferência de regras de projeto.

Modelo 3D paramétrico de apoio na construção das regras

Para realizar a parametrização é fundamental a utilização de modelos 3D de projetos, para apoiar a construção e validação das regras. O processo é dinâmico: são necessários testes, observando as ocorrências e a necessidade de alterações, seja no processo de modelagem, ou no sistema de classificação ou na própria parametrização. Para cada regra parametrizada, é necessário fazer alterações no modelo 3D paramétrico de forma a provocar a ocorrência tanto da situação em que o SMC aponte a existência de uma não conformidade quanto a situação em que ele aponte que o projeto está em conformidade com a regra aplicada. Isso se faz necessário, pois ao testar uma única situação, pode não ser suficiente para validar se a regra parametrizada funciona conforme esperado.

Vale destacar também que esses modelos utilizados no apoio a construção da parametrização das regras também auxiliam no entendimento de quais regras preliminares serão necessárias para que a principal funcione, e se existem templates mais adequados para aquela necessidade.

O modelo de teste da pesquisa é proveniente de um projeto residencial de uma incorporadora de grande porte, contendo 128 apartamentos de 2 quartos. O projeto foi modelado no software Revit e contém modelos de todas as disciplinas com nível médio de desenvolvimento LOD 300.

Para exemplificar isso, na figura 05 é apresentada a tela da configuração do SMC de uma das regras parametrizadas por esse trabalho. A regra 1.4 é parte de um conjunto de regras que verifica um determinado posicionamento das janelas das salas e quartos visando atender ao requisito de desempenho lumínico de iluminação natural. Essa regra em questão verifica se a altura máxima do peitoril das janelas de quarto e sala é menor ou igual a 1m. Para realizar essa verificação, utilizou-se o template SOL 222 que checa distâncias entre componentes. Esse template permite realizar uma série de configurações como: marcar se será checado a distância máxima ou mínima dos componentes no campo “Distance Calculation”; em “distance” inserir o valor a ser checado; em “Distance Calculation Method” marcar a referência que será adotada⁹; nos quadros “Source Component” e “Target Component” inserir os componentes que serão verificados.

Erros simples na realização dessa configuração, como marcar para checar a distância mínima ao invés da máxima ou inserir o parâmetro errado ou selecionar os componentes errados, ou mesmo inconsistências no sistema de classificação da informação desses componentes selecionados podem ocorrer. Por isso, são necessários no mínimo dois testes alterando o modelo para representar as situações de conformidade e de não-conformidade. Contudo, quanto mais testes são realizados maior a chance de identificar possíveis erros ou a necessidade de inclusão de regras preliminares para que a principal funcione. Em média foram realizadas de 3 a 4 testes para cada regra parametrizada nesse trabalho.

⁹ Essa referência pode ser a distância tridimensional entre os dois objetos ou bidimensional referenciada ou eixo x ou no eixo y.

Outro ponto importante a destacar, é a importância de testar as situações próximas ao valor limite que determina a ocorrência ou não da não conformidade para as regras que envolvem análises dimensionais.

A Figura 05 – Tela do SMC da parametrização da regra 1.4

Parameters Revert Changes Severity Parameters

Distance Calculation

Check Maximum Distance
 Check Minimum Distance

Distance:

Distance Calculation Method:

Space or Space Group Containment

Space or Space Group Containment:

Space Group Type:

Source Component

Source Components to be Checked

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Window	Componentes	One OF	[B202001 Exterior Windows qua...

Target Component

Target Components to be Checked

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Slab	Componentes	Matches	*

Minimum Amount:

Fonte: Autor

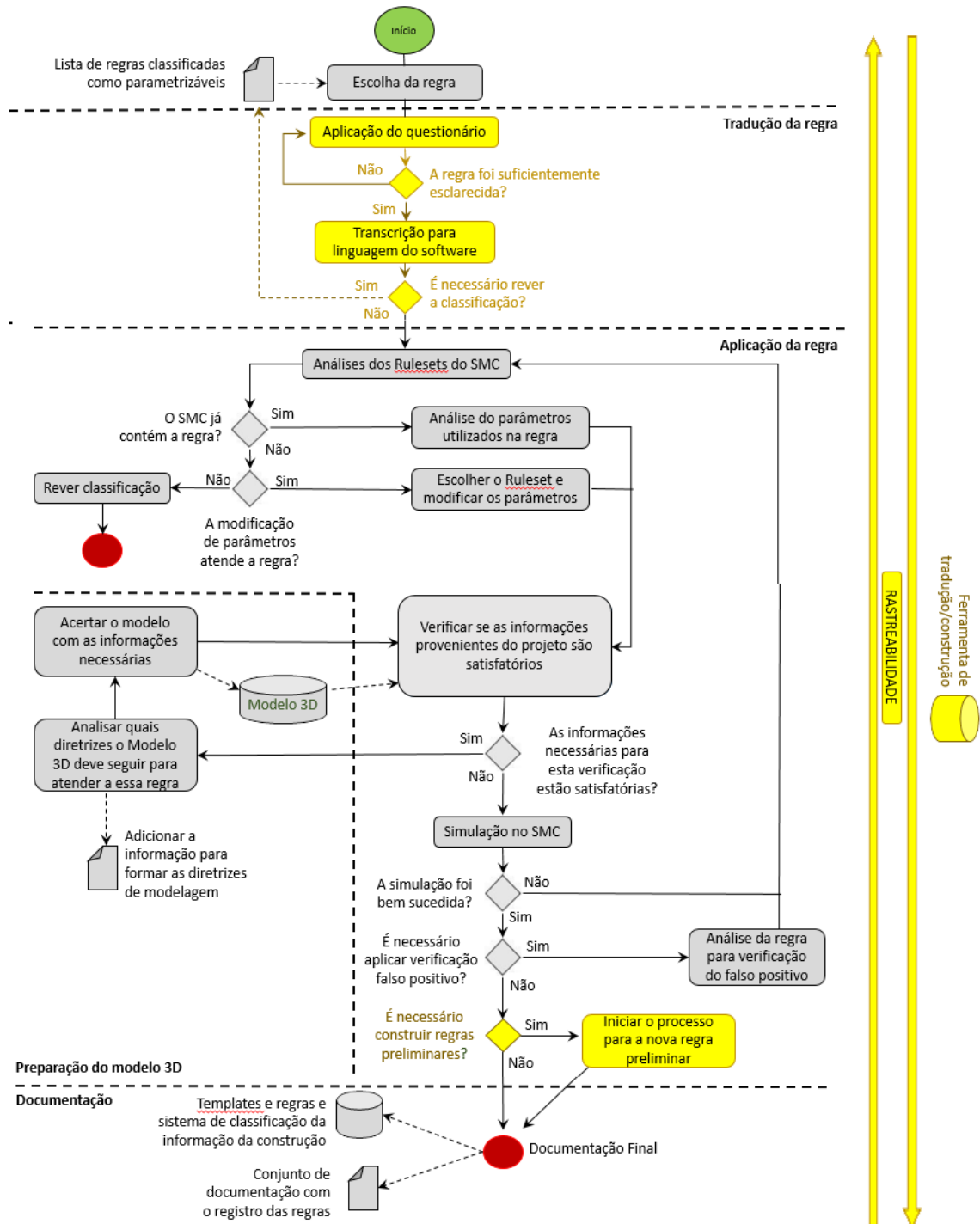
Parametrização das regras

A partir da classificação dos requisitos de projeto da ND, realizada na seção 3.2, todas as regras consideradas inicialmente como parametrizáveis ou parcialmente parametrizáveis foram transcritas para a ferramenta proposta pelo item 3.3. A partir desse ponto, iniciou-se o processo de interpretação e construção da parametrização das regras no SMC. É importante ressaltar que a confirmação da classificação inicial ocorreu após a conclusão desta etapa de parametrização, uma vez que algumas regras, que foram inicialmente indicadas com uma determinada classificação, acabaram se transformando em outra, após a conclusão deste processo.

Mainardi Neto (2016) propôs um fluxo para o processo de criação de regras no SMC. O presente trabalho adotou esse fluxo com algumas adaptações, com o

objetivo de melhorar a compreensão do processo, tornando-o mais robusto (completo). A Figura 06 representa o fluxo adaptado. Para facilitar o entendimento do que foi alterado em relação ao fluxo inicial, proposto por Mainardi Neto (2016), usou-se uma convenção de cores. Em cinza, etapas do fluxo original e, em amarelo, as etapas que foram incluídas. A ferramenta proposta no item 3.3 foi utilizada ao longo de todo o processo como apoio na construção de todas as regras que foram parametrizadas.

Figura 06 – Adaptação do processo para criação de regras no SMC.



Fonte: O Autor – Adaptação do fluxo para criação de regras no SMC proposto por Mainardi Neto (2016)

A primeira etapa, proposta através do fluxo adaptado do 'Processo para criação de regras no SMC' do autor Mainardi Neto (2016), é a tradução da linguagem da norma para uma linguagem do software. Cabe ressaltar que nesse ponto não se trata de uma tradução para uma linguagem técnica de programação, mas uma ordenação

lógica e objetiva das regras, com eliminação de possíveis dúvidas de interpretação. Essa etapa é importante, pois facilita o entendimento do que deve ser parametrizado e determina efetivamente o que a regra irá verificar. Ela é fundamental para esclarecer nomenclaturas, pontos dúbios e informações que poderiam estar ocultas nos requisitos das normas. Adotou-se, no presente trabalho, um questionário padrão, que foi inserido na ferramenta de tradução/parametrização, cujas perguntas respondidas explicitam o que foi entendido e considerado.

Solihin e Eastman (2015), destacam que a etapa de interpretação das normas é crucial para transformar códigos de construção em regras computacionais. As definições mais precisas são necessárias para eliminar ambiguidades e clarificar os conceitos. Isso é normalmente alcançado através de uma série de perguntas que ajudam a completar a compreensão do que precisa ser verificado.

Na sequência do questionário, ainda na etapa de tradução, é escrito, de forma ordenada e objetiva, o que a regra deve verificar. Nesse momento, já é necessário um conhecimento básico, a nível de usuário, do SMC, uma vez que para realizar essa transcrição é importante conhecer a lógica de funcionamento do software e algumas das suas terminologias básicas.

Seguindo o fluxo detalhado na figura 6, a segunda etapa é a construção das regras. Nesse momento é necessário analisar todos os templates existentes do SMC e avaliar qual possui melhor aderência a necessidade de cada regra. Foram avaliados todos os 48 templates existentes no SMC (versão 9.6), e para cada regra foi escolhido o mais adequado, os seus parâmetros foram customizados com inclusão dos dados necessários para cada verificação. A partir daí, obtém-se um ponto chave nesse fluxo, que liga a etapa de preparação do modelo e a etapa de construção da parametrização. Nesse momento é imperativo avaliar: quais são as informações que o modelo deve conter; o nível de desenvolvimento necessário para que verificação automática proposta pela regra funcione e; se o sistema de classificação da informação da construção adotado e parametrizado no Solibri atende a necessidade da regra criada. A partir dessa análise pode derivar uma necessidade de modificação das diretrizes de modelagem e/ou adequações no sistema de classificação.

Na sequência do fluxo é feita a simulação da regra criada no SMC com uso do modelo 3D de apoio. Dependendo do resultado, é necessário alterar os parâmetros da regra, e/ou da diretriz do modelo, e/ou do sistema de classificação, e/ou do template utilizado, ou ainda, até chegar à conclusão que a regra não pode ser verificada, com necessidade de troca da classificação inicial realizada no item 3.2.

Após o sucesso do teste da regra, a próxima ação consiste em avaliar quais regras preliminares são necessárias para que a principal funcione. As regras preliminares precisam ser aplicadas antes das regras principais. Um exemplo disso, são regras preliminares que visam garantir que o modelo foi construído conforme as diretrizes de modelagem e da padronização do sistema de classificação da informação, que são peças importantes para o funcionamento da regra principal. Porém, dependendo da maturidade do usuário que está construindo a parametrização das regras, é possível antecipar essa etapa para o momento da construção da regra principal, quando já é possível antever as regras preliminares que serão necessárias.

A última etapa do fluxo é a documentação. Nesse momento é consolidada toda a documentação final. Os templates configurados, as diretrizes de modelagem, o registro de construção das regras, os testes realizados, o sistema de classificação utilizado, etc. A ferramenta de tradução/parametrização proposta no item 3.3, que apoiou e registrou todo o processo, também compõe o arquivo da documentação final como um ponto importante para consulta dos usuários que farão uso e alteração das regras. A sua representação também foi incluída no fluxo.

Ainda que o fluxograma, que ilustra o processo, apresente etapas sequenciais, cabe salientar que o processo é altamente dinâmico. Muitas das regras construídas nesse trabalho passaram por vários ciclos desse fluxo até atingir o seu formato final. A ferramenta proposta foi muito útil nesse processo documentando tudo e facilitando as readequações necessárias.

Além de realizar a construção das regras no SMC, essa pesquisa realizou uma avaliação de cada regra criada de acordo com a classificação proposta por Solihin e Eastman (2015), conforme detalhado no item 2.5.3 da revisão teórica, que possibilitou avaliar o grau de complexidade das regras parametrizadas.

3.5 Implementar e Testar a Solução Proposta em um Empreendimento

Primeiramente é importante ressaltar que, apesar de ser a mesma incorporadora e seguir as mesmas diretrizes de modelagem padronizada por ela, os projetos utilizados nessa etapa são de um empreendimento diferente daquele utilizado como apoio da etapa da construção da parametrização das regras. Os projetistas das disciplinas também não são os mesmos.

O projeto do empreendimento selecionado foi protocolado na prefeitura em uma data anterior ao início da vigência da ND. Este fato o exime de contemplar suas exigências. Porém, mesmo sem a obrigatoriedade normativa, a empresa, que já naquele momento se preparava para atender a ND, realizou as adequações neste, e em todos os seus demais projetos. Tal fato confere a esse empreendimento as condições necessárias para servir como modelo de teste para a checagem automática proposta. Cabe destacar que este foi um dos primeiros projetos realizados pela incorporadora com a utilização da tecnologia BIM. Os modelos paramétricos de todas as disciplinas foram desenvolvidos por terceiros com a utilização do software Revit. A Empresa estabeleceu as diretrizes de modelagem, capacitou os terceiros e realizou o trabalho de coordenação e acompanhamento do desenvolvimento dos projetos. Cabe ressaltar ainda que, essa incorporadora investe muito tempo e recursos para garantir que os projetos estejam em conformidade com todas as normas. Inclusive ela realiza a conferência de projetos feitos por projetistas terceiros que são os responsáveis técnicos pelos projetos apontando possíveis erros que eles possam cometer.

No primeiro momento do teste realizado aplicou-se a parametrização construída no SMC nos modelos paramétricos que compõem o projeto desse empreendimento, que teve por interesse avaliar se a verificação de cada regra funcionou adequadamente, com medição do tempo despendido para esta verificação, e também da quantidade de não conformidades encontradas. Posteriormente, esse processo foi comparado com a checagem de regras pelo método manual de conferência de projeto utilizado pela incorporadora, no mesmo projeto e também

com medição dos mesmos indicadores de tempo e número de não conformidades encontradas.

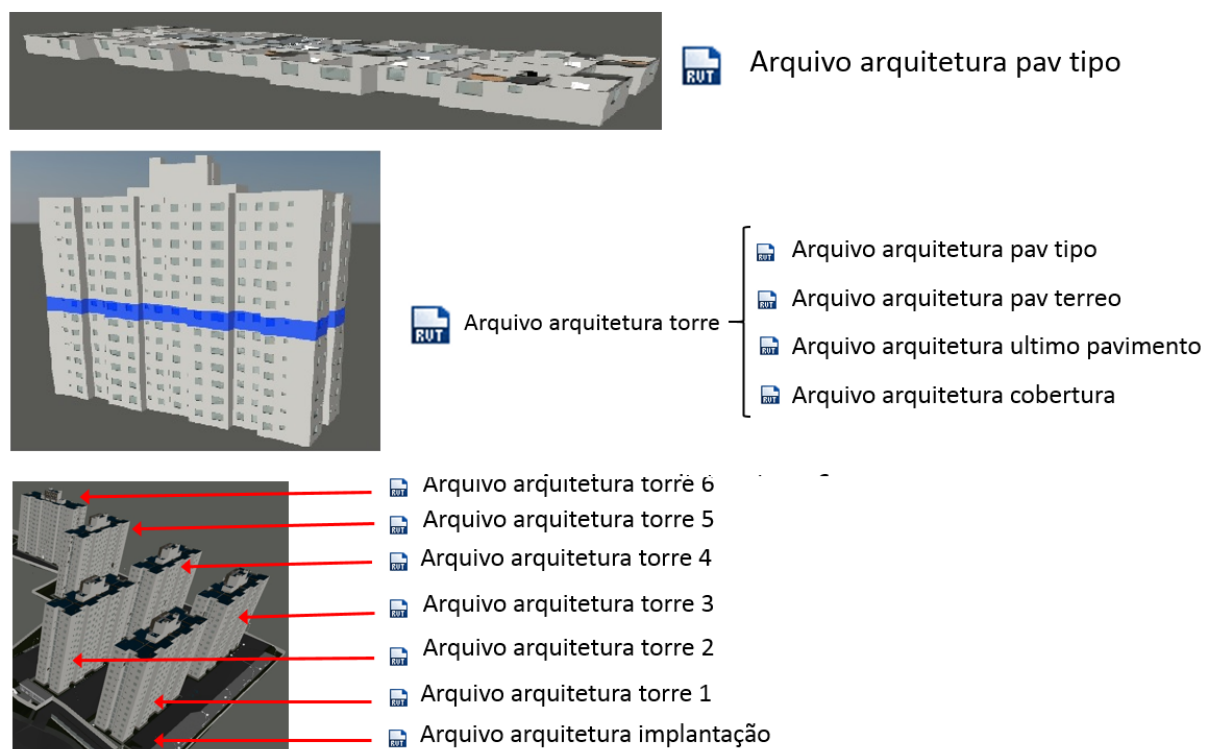
Conferência do projeto pelo método automático com a utilização do SMC

Para facilitar o entendimento de como essa etapa do teste foi realizada é importante esclarecer dois pontos: (i) como o modelo paramétrico utilizado foi construído e (ii) o funcionamento básico do SMC para a aplicação das regras parametrizadas.

(i) Construção do modelo paramétrico

A construção do projeto seguiu as diretrizes de modelagem estabelecidas pela empresa incorporadora que cedeu esse modelo para teste. O projeto completo é composto de vários arquivos Revit, que foram modelados separadamente e que são agrupados através de arquivos de montagem utilizando os links Revit. Essa divisão possibilita que os arquivos fiquem menores exigindo menos desempenho de hardware. Além disso, facilita o trabalho simultâneo e integrado por equipes diferentes, uma vez que as edições de cada arquivo são independentes, porém, todos os participantes do desenvolvimento dos projetos visualizam as alterações. O nível de desenvolvimento varia conforme essa divisão de arquivos e disciplinas entre LOD 300 e LOD 400. A Figura 07 ilustra de modo esquemático, a divisão dos arquivos da disciplina de arquitetura. A mesma lógica é aplicada as demais disciplinas. Todos os arquivos são georeferenciados, fato este que possibilita a visualização, em conjunto ou separado em camadas, dos arquivos de cada disciplina.

Figura 07 – Divisão dos arquivos da disciplina de arquitetura.



Fonte: Autor

(ii) Funcionamento básico do SMC

O SMC utiliza o formato aberto IFC para a leitura dos arquivos dos modelos. Portanto, antes de iniciar a verificação no Solibri é necessário exportar cada arquivo do Revit para o formato IFC. No teste realizado não foi detectado problemas de interoperabilidade no processo de exportação e abertura do IFC pelo Solibri.

As regras são organizadas por um sistema de pastas semelhantes às do Windows Explorer. Assim, elas podem ser agrupadas em pastas e nomeadas conforme a necessidade do usuário. Para esse trabalho, houve a criação de uma pasta para cada requisito da ND, onde todas as regras necessárias para a verificação do mesmo foram agrupadas. As pastas foram numeradas e o registro desta ordenação foi inserida na primeira coluna da ferramenta de tradução proposta no item 3.3.

Os arquivos dos modelos paramétricos podem ser abertos dentro do SMC individualmente ou em conjunto e, posteriormente é possível adicionar ou remover arquivos. O mesmo ocorre com as regras. As pastas que possuem um conjunto de regras são carregadas e removidas de acordo com a necessidade do usuário. Além disso, dentro de cada conjunto é possível habilitar e desabilitar cada regra individualmente. Essa flexibilidade é necessária, pois as regras parametrizadas não se aplicam a todos os arquivos e disciplinas do projeto. Por exemplo, uma regra de verificação da inclinação mínima permitida para o telhado deve ser aplicada no arquivo que contém o modelo do telhado. Se for utilizada em outros arquivos haverá não conformidade nas regras preliminares. Portanto, antes de iniciar a verificação é necessário fazer um breve planejamento de quais arquivos serão carregados para a averiguação de cada requisito. Se essa etapa não for cumprida, o relatório de não conformidades será extenso e pouco prático, e ocasionará dificuldades para o entendimento.

A construção dos modelos produz grandes conjuntos de dados, mesmo para edifícios de médio porte. Não há nenhuma regra ou classe de regras que se aplica a todo o conjunto de construção de dados do modelo. Cada regra ou classe de regras aplica-se a um subconjunto dos dados. (SOLIHIN; EASTMAN, 2015)

O SMC possibilita condicionar a verificação de regras ao sucesso ou não de outras regras automaticamente, e elimina a necessidade de habilitar e desabilitar regras. Esse recurso pode ser aplicado por exemplo para que as regras principais só sejam verificadas após o sucesso das preliminares. Porém cabe destacar que esse sistema não foi utilizado nesse trabalho.

Aplicação das regras nos modelos paramétricos

Os testes realizados no projeto da pesquisa agrupou um conjunto de requisitos parametrizados e os associou ao conjunto de arquivos necessários para a verificação dos mesmos. Essa lógica levou a necessidade de quatro etapas de verificações:

Etapa 1 - verificação dos requisitos 1, 2, 4, 6, 7, 10, 12, 13, 15, 18, 19, 21 – arquivos necessários - arquivos pav tipo da disciplina de arquitetura

Etapa 2 - verificação dos requisitos 5, 7, 9, 14, 20 e 22 – arquivos necessários - arquivo da cobertura

Etapa 3 - verificação dos requisitos 8,16 e 25 – arquivos necessários - arquivo hidráulico pav tipo e hidráulico implantação

Etapa 4 - verificação dos requisitos 3, 11, 17 e 23 – arquivos necessários - arquivos pav tipo arquitetura, pav tipo estrutural, pav tipo hidráulico e pav tipo incêndio

Os quadros 12 a 15 que se seguem identificam para cada as 4 etapas, os requisitos da Norma de Desempenho.

Para cada uma dessas etapas foram carregadas as pastas onde constam os requisitos e arquivos correspondentes no SMC. Na sequência, primeiramente aplicou-se as regras preliminares, com as principais desabilitadas. As análises das não conformidades ocorreu de modo individual, e só a partir desse ponto as regras principais foram habilitadas e verificadas.

Quadro 12 – Etapas de verificação – Etapa 1

ETAPA 1 - Arquivos necessários: pav. Tipo, térreo, ultimo - Arquitetura	
REQUISITO	Nº
<p>Desempenho Lumínico - Requisito - Iluminação Natural Comunicação com o exterior - Recomenda-se que a iluminação natural das salas de estar e dormitórios seja providas de vãos de portas ou janelas. No caso de janelas, recomenda-se que a cota do peitoril esteja posicionada no máximo a 100 cm do piso interno, e a cota de testeira do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme figura 1</p>	1
<p>Desempenho Térmico - Requisito - Aberturas para ventilação. Critério - Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam a legislação do local da obra incluindo códigos de obras, códigos sanitários e outros. Quando não houver requisito de ordem legal para o local de implantação da obra devem ser indicados os valores adotados na tabela 15 - área mínima de ventilação e dormitórios e sala de estar. Para zona bioclimática 1 a 7: $A > 7\%$ da área de piso. Para zona bioclimática 8: $A > 12\%$ para região norte do Brasil e $A > 8\%$ região nordeste e sudeste do Brasil.</p>	2
<p>Desempenho: Funcionalidade e Acessibilidade - Requisito - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação Critério - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação - Para os projetos de arquitetura de unidades habitacionais, sugere-se prever no mínimo a disponibilidade de espaço nos cômodos da edificação habitacional para colocação e utilização dos móveis e equipamentos padrão listados no anexo F. <u>Tabela F1 - Moveis e equipamentos (resumo ambiente e mobiliário mínimo)</u> <u>Tabela F2 - dimensões mínimas mobiliário e circulação</u></p>	4
<p>Desempenho: Segurança no Uso e Operação - Requisito - Segurança na circulação Premissas de projeto - O projeto deve recomendar cuidados específicos para camadas de acabamentos de sistemas de pisos aplicadas em escadas ou rampas (acima de 5% de inclinação) e nas áreas comuns.</p>	6
<p>Desempenho: Durabilidade - Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e sistema que o compõem Critério - Vida Útil de projeto - O projeto deve especificar o valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na tabela 7, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham a durabilidade potencial compatível com a (VUP) a serem considerados nos projetos elaborados a partir da exigibilidade desta parte da ABNT NBR 15575. <u>Tabla C7 - VUP mínima (resumo)</u></p>	7
<p>Desempenho: Durabilidade - Requisito - Vida Útil de projeto dos sistemas de vedações verticais internas e externas Premissa de projeto - O projeto deve mencionar o prazo de substituição e manutenção periódicos dos componentes que apresentem vida útil menor do que aquelas estabelecidas para SVVIE.</p>	10
<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas. Premissas de projeto - O projeto deve mencionar a função estrutural ou não dos SVVI (internas) ou SVVE (externa), indicando as normas brasileiras aplicáveis para sistemas com função estrutural ou sem função estrutural</p>	12
<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas nos sistemas de vedações internas e externas Premissas de projeto - O projeto deve indicar as cargas de uso. O projeto deve indicar os dispositivos e sistemas de fixação, incluindo detalhes típicos. O projeto deve estabelecer as cargas de uso ou de serviço a serem aplicadas para cada situação específica, os dispositivos ou sistemas de fixação previstos e os locais permitidos para fixação de peças suspensas, se houver restrições, devendo mencionar também as recomendações e limitações de uso. Havendo limitações quanto ao tipo de mão francesa, o fornecedor deve informa-las e fazer constar em 3.2 nos seus catálogos.</p>	13

<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Solicitações em forro - Possibilitar a fixação de luminárias e outras cargas de ocupação.</p> <p>Premissa de projeto - O projeto do forro deve indicar a carga máxima a ser suportada pelo elemento ou componente forro, bem como as disposições construtivas e sistemas de fixação dos elementos ou componentes atendendo as normas brasileiras.</p>	15
<p>Desempenho: Segurança contra incêndio - Requisito - Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento</p> <p>Premissas de projeto - O projeto deve estabelecer os indicadores de reação ao fogo dos componentes do SC e as implicações na propagação de chamas e geração de fumaça. Considerar os seguintes requisitos: a) os materiais isolantes térmicos e absorventes acústicos aplicados nas instalações de serviço, redes de dutos de ventilação e ar-condicionado, e em cabines ou salas de equipamentos, aparentes ou não, devem se enquadrar-se entre as classes I all-a; b) componentes construtivos onde não são aplicados revestimentos e/ou acabamentos em razão de já se constituírem em produtos acabados, incluindo-se telhas, forros, face inferior de coberturas, entre outros, também são submetidos aos critérios estabelecidos; c) determinados componentes construtivos expostos ao incêndio em faces não voltadas para o ambiente ocupado, como é o caso de forros e revestimentos destacados do substrato, devem atender os critérios estabelecidos em ambas as faces; d) materiais de proteção de elementos estruturais, juntamente com seus revestimentos e acabamentos, devem atender aos critérios dos elementos construtivos onde estão inseridos, ou seja, de tetos para vigas; e) materiais empregados em subcoberturas com finalidade de estanqueidade e de desempenho térmico devem atender aos critérios de desempenho estabelecidos, aplicados aos tetos e a superfície inferior da cobertura, mesmo que escondido por forro; f) as circulações que dão acesso as saídas de emergência enclausuradas devem possuir classificação classe I ou classe II-A e as saídas de emergência (escadas, rampas etc.), Classe I ou Classe II-a, com Dm menor igual a 100.</p>	18
<p>Desempenho: Segurança contra incêndio - Requisito - Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação.</p> <p>Critério - Escadas, elevadores e monta-cargas devem ser considerados. para efeito de desempenho de segurança ao fogo, como interrupções na continuidade dos pisos, através dos quais o fogo e a fumaça podem se propagar. Por essa razão devem ser objeto de avaliações de desempenho. As escadas devem ser enclausuradas com paredes e portas corta fogo. A resistência ao fogo das paredes deve ser no mínimo 120 min, quando a altura da edificação não superar 120 m e 180m para edifícios mais altos. As portas corta-fogo quando o hall de acesso a escada for isento de carga de incêndio, deve apresentar resistência ao fogo de no mínimo 60 min e 90 min, respectivamente, para escadas com antecâmara (duas portas empregadas) e sem antecâmara (uma porta empregada). Quando o hall de acesso não for isento de carga de incêndio, as portas devem apresentar resistência ao fogo de 120 min. As paredes que contornam os poços de elevadores e monta cargas devem representar resistência ao fogo, na categoria corta-fogo, idêntica aos sistemas de piso. As portas de elevadores e monta cargas, caso localizada em hall isento de carga de incêndio, devem apresentar resistência ao fogo, na categoria para chamas, de 30 min, no mínimo. Caso localizadas em halls não isentos de carga de incêndio, devem ser corta fogo com o tempo de resistência ao fogo idêntico ao sistema de piso.</p>	19
<p>Desempenho: Acústico - Requisito - Níveis de ruído permitidos na habitação</p> <p>Níveis de desempenho mínimo - Os valores mínimos de desempenho são indicados na tab. 17</p> <p>Tab 17- Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, D2m,nT,w da vedação externa do dormitório.</p> <p>Classe de ruído I - D2m,nT,w - maior igual 20 Db, Classe de ruído II - D2m,nT,w - maior igual 25 Db , Classe de ruído III - D2m,nT,w - maior igual 30 Db.</p> <p>Os valores de referencia Rw, obtidos em ensaios de laboratório, para a orientação a fabricantes e projetistas, também constam no anexo F.</p>	21

Quadro 13 – Etapas de verificação – Etapa 2

ETAPA 2 - Arquivos necessários: cobertura - Arquitetura	
REQUISITO	Nº
<p>Desempenho: Segurança no Uso e Operação - Requisito - Manutenção e operação Premissas de projeto da cobertura - O projeto deve estabelecer: a) uso de dispositivos ancorados na estrutura principal, de forma a possibilitar o engate de cordas, cintos de segurança e outros equipamentos de proteção individual, para declividades superiores a 30%. b) os meios de acesso para realização de manutenção</p>	5
<p>Desempenho: Durabilidade - Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e sistema que o compõem Critério - Vida Útil de projeto - O projeto deve especificar o valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na tabela 7, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham a durabilidade potencial compatível com a (VUP) a serem considerados nos projetos elaborados a partir da exigibilidade desta parte da ABNT NBR 15575. Tabla C7 - VUP mínima (resumo)</p>	7
<p>Desempenho: Durabilidade - Critério para vida útil de projeto dos sistemas de cobertura Premissas de projeto - O projeto deve constar o prazo de substituição e as operações de manutenções periódicas pertinentes.</p>	9
<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Solicitações de montagem ou manutenção - Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos na fase de montagem ou de manutenção da cobertura Premissa de projeto - Os projetos devem: a) indicar a vida útil de projeto b) incluir memória de cálculo b) relacionar as normas brasileiras, estrangeiras ou internacionais adotadas</p>	14
<p>Desempenho: Segurança contra incêndio - Requisito - Resistência ao fogo do sistema de cobertura Premissas de projeto - O projeto e o dimensionamento das estruturas devem ser realizados conforme NBR 15575-2. O projeto do SC ou das paredes da geminação deve prever componentes que prolonguem até a face inferior do telhado sem a presença de frestas, com resistência ao fogo 30 min, caso o SC não apresente essa resistência mínima ao fogo.</p>	20
<p>Desempenho: Estanqueidade - Requisito - Estanqueidade do SC Premissas de projetos - O projeto também deve estabelecer a necessidade do atendimento da regularidade geométrica da trama da cobertura a fim de que não resulte em prejuízo a estanqueidade do SC. O projeto deve: a) mencionar as normas brasileiras dos componentes do SC B) detalhar quando requerido a presença de barreiras solar, térmica e ao vapor, detalhar a forma de aplicação e fixação da subcobertura; detalhar a sobreposição e o tamanho das emendas; detalhar acessórios C) indicar a sobreposição das peças (longitudinais e transversais) d) dimensões dos panos e) indicar declividade dos SC face aos componentes especificados f) indicar acessórios necessários. g) materiais e detalhes construtivos dos arremates, de forma a evitar a avarias decorrentes de movimentações térmicas e assegurar a estanqueidade. h) indicar a forma de de fixação dos componentes i) indicar a ação do vento no local da edificação habitacional, e que foi considerada em projeto.</p>	22
<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Solicitações dinâmicas em sistemas de cobertura e em coberturas terraço acessíveis aos usuários Critério - Impacto de corpo mole em sistemas de cobertura-terraço acessíveis aos usuários. Premissa de projeto - O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para SC</p>	24

Fonte: Autor

Quadro 14 – Etapas de verificação – Etapa 3

ETAPA 3 - Arquivos necessários: implantação, pav. Tipo - Hidráulico	
REQUISITO	Nº
<p>Desempenho: Durabilidade - Requisito - Vida útil de projeto das instalações sanitárias Premissa de projeto - Dada a complexidade e variedade dos componentes que constituem o sistema hidrosanitário e a fim que atenda a NBR15573:2003, tabela 7, considerando-se ainda que a vida útil também é função da agressividade do meio ambiente, das características intrínsecas dos materiais e dos solos, os componentes podem apresentar uma vida útil menor do que aquelas estabelecidas para o sistema hidrosanitário como vida útil de projeto. Assim, no projeto deve constar o prazo de substituição e manutenções periódicas pertinentes.</p>	8
<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Solicitações dinâmicas hidrosanitários - Não provocar golpes e vibrações que impliquem risco a estabilidade estrutural. Critério - sobrepressão máxima quando da parada de bombas de recalque. Método de avaliação - Verificar a menção no projeto da velocidade do fluxo prevista. O projeto pode estabelecer acima de 10 m/s, desde que previsto dispositivos redutores.</p>	16
<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Resistência mecânica dos sistemas hidrosanitários e das instalações Critério - As tubulações enterradas devem manter a sua integridade. Método de avaliação - Verificar em projeto a existência de berços e envelopamentos, ou berços ou envelopamentos consubstanciados em memória de cálculo constantes em projeto ou em literatura especializada.</p>	25

Fonte: Autor

Quadro 15 – Etapas de verificação – Etapa 4

ETAPA 4 - Arquivos necessários: pav. Tipo - Arquitetônico, Hidráulico, Estrutural e incêndio	
REQUISITO	Nº
<p>Desempenho: Funcionalidade e Acessibilidade - Requisito - Altura mínima de pé direito Critério - Altura mínima de pé direito - A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m. Em vestibulos, halls, corredores, instalações sanitárias e despensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,30 m. Nos tetos com vigas, inclinados, abobadados ou, em geral contendo superfícies salientes na altura piso a piso e/ou pé direito mínimo deve ser mantido pelo menos 80% da superfície do teto, permitindo na superfície restante que o pé direito possa descer até o mínimo de 2,30m</p>	3
<p>Desempenho: Segurança estrutural - Requisito - Resistência mecânica dos sistemas hidrosanitários e das instalações - Resistir as solicitações mecânicas durante o uso. Método de avaliação - Verificar em projeto nos pontos de transição entre elementos (paredes x piso, pared x pilar e outros), a existência de dispositivos que assegurem a não transição de esforços para as tubulações.</p>	11
<p>Desempenho: Segurança contra incêndio - Requisito - Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação. Critério - Prumadas de lareiras, churrasqueiras, varandas gourmet e similares - Os dutos de exaustão de lareiras, churrasqueiras, varandas gourmet e similares devem ser integralmente compostos por materiais incombustíveis, ou seja, Classe I, conforme tabela 2, e devem ser dispostos de forma a não implicarem risco de propagação de incêndio entre pavimentos, ou no próprio pavimento onde se originam. Devem também atender somente uma lareira ou churrasqueira e/ou as conexões com prumadas coletivas</p>	17
<p>Desempenho: Segurança contra incêndio - Requisito - Combate a incêndio com extintores Critério - tipo e posicionamento de extintores - Os extintores devem ser classificados e posicionados de acordo com a NBR 12693. <u>NBR 12693</u> 5.1.3 Arranjo físico (localização) 5.1.3.2 Para a instalação dos extintores portáteis, devem ser observadas as seguintes exigências: b) para extintores portáteis fixados em parede, devem ser observadas as seguintes alturas de montagem: - a posição da alça de manuseio não deve exceder 1,60 m do piso acabado; - a parte inferior deve guardar distância de, no mínimo, 0,20 m do piso acabado. Tabela 2 - Classificação dos extintores segundo o agente extintor água, espuma química, espuma mecânica, gás carbônico, pó químico à base de bicarbonato de sódio, hidrocarbonetos halogenados</p>	23

Fonte: Autor

Comparação com método de verificação manual

Antes de adotar a tecnologia BIM, a empresa incorporadora que forneceu os dados para esse trabalho, conferia as diretrizes de projetos com a utilização de *check lists* padronizados, onde eram listados os itens que precisavam ser checados, e no próprio *check list* eram apontadas as não conformidades. A verificação dos projetos

era realizada através de softwares CAD, com todas as análises efetuadas de modo visual e com auxílio de alguns recursos básicos do software, como cálculo de áreas, distâncias e sobreposição de desenhos. As equipes de análise de projetos eram treinadas para utilizar os *check lists*. As não conformidades encontradas eram passadas para os projetistas, em sua maioria terceirizados, através de e-mail ou reuniões presenciais. É esse processo, que era adotado por essa empresa, que foi considerado nessa pesquisa como método manual. É com ele que se pretende comparar a verificação automatizada de regras com a utilização do SMC. Cabe destacar que no ano de 2017, essa empresa apresenta um panorama de transição para o processo de verificação automática. Esta implantação será parte importante dessa etapa de conferência.

Algumas premissas foram definidas para a realização da comparação entre a verificação dos requisitos pelo método manual em relação ao método automatizado proposto neste trabalho.

A primeira premissa teve por objetivo selecionar os requisitos da ND que foram classificados como verificáveis automaticamente pelo SMC de acordo com a classificação do item 3.2. Para esta comparação não foram empregados os requisitos classificados como parcialmente verificáveis, devido a complexidade apresentada em se aferir o quanto o tempo da verificação parcial, realizada pelo SMC de cada requisito, pode vir a contribuir para a redução do tempo total de verificação.

A segunda premissa consiste na necessidade de padronização da verificação pelo método manual, para viabilizar assim a comparação dos resultados. Neste sentido, algumas condições foram adotadas: a) a verificação ocorreu de forma simultânea, porém individual, por dois profissionais da mesma empresa, com experiências semelhantes em análise de projetos¹⁰; b) foi entregue para cada profissional um formulário padrão, contendo os seguintes dados iniciais: descrição dos requisitos com respectiva localização na ND, e a descrição dos materiais disponibilizados para conferência e consulta.

¹⁰ Os dois profissionais são graduados em Engenharia Civil. O primeiro tem 26 anos e ocupa o cargo de analista de projeto há 2 anos e 2 meses e o outro tem 23 anos no mesmo cargo a 1 ano e 6 meses

Sobre dados que deveriam ser registrados por eles tem-se: a relação de não conformidades encontradas; o tempo gasto para a verificação de cada requisito; a indicação de como foi conferido cada requisito e eventuais observações do participante. Ainda para essa verificação, os profissionais foram treinados, com explicação sobre cada requisito, orientação sobre preenchimentos e elucidação coletiva de dúvidas. Para não contabilizarem o tempo de análise, ambos foram orientados a preencher os campos de 'observações' e sobre 'como foi feita a conferência', somente após a realização da verificação de cada requisito. O registro dos formulários se encontram no apêndice A.

Cabe ressaltar ainda que os projetos utilizados nessa etapa foram os mesmos empregados no teste realizado na verificação automática, porém, os arquivos das pranchas 2D do software Revit foram exportados para o formato dwg (software CAD), que é o utilizado pela empresa para conferências no método manual, de forma que todas as notas e representações foram mantidas exatamente as mesmas.

Concluída essa etapa, os resultados foram comparados com o método de verificação automática realizado no item 3.5. Como indicadores de comparação entre os dois processos, foi observado o tempo gasto para a verificação de cada requisito e as não conformidades encontradas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados da Classificação da NBR15575

A ND possui 109 requisitos de projeto. São apresentadas nas tabelas 01 a 05 a classificação desses requisitos conforme proposto na seção 3.2.

Tabela 01 - Requisitos de projeto da ND classificados como: não são proposições.

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
6.2 - Diretrizes para implantação do entorno 6.2.1- Implantação - Para edifícios ou conjuntos habitacionais com local de implantação definido, os projetos de arquitetura, da estrutura, das fundações, contenções e outras eventuais obras geotécnicas devem ser desenvolvidos com base nas características do local da obra avaliando-se convenientemente os riscos de deslizamento, enchentes, erosões, vibrações transmitidas por linha férrea e por trabalhos de terraplenagem e compactação do solo, ocorrência de subsistência do solo, presença de crateras em camadas profundas, presença de solos expansíveis ou colapsáveis e outros.	geral	caderno 1 pág. 14
6.2 - Diretrizes para implantação do entorno 6.2.2- Entorno- Os projetos devem ainda prever as interações com as construções próximas, considerando-se convenientemente as eventuais sobreposições de bulbos de pressão, efeitos de grupos de estacas, ... e desconfinamento do solo em função de cortes no terreno. Tais fenômenos também não podem prejudicar a segurança e a funcionalidade da obra, bem como edificações vizinhas. O desempenho da edificação está intimamente associado a todos os projetos de implantação e ao desempenho das fundações, devendo ser atendidas as disposições das normas aplicáveis.	geral	caderno 1 pág. 14
9.1 - Generalidades - A segurança no uso e operação dos sistemas e componentes da edificação habitacional deve ser considerada em projeto especialmente no que diz respeito a agentes agressivos.	Segurança no uso e operação	caderno 1 pág. 18
9.2 - Requisito - Segurança na utilização do imóvel 9.2.1 - Critério - Segurança na utilização dos sistemas - Os sistemas não podem apresentar: a) rupturas, instabilidade, tombamentos ou quedas que possam colocar em risco a integridade física dos ocupantes ou de transeuntes nas imediações do imóvel; b) partes expostas cortantes ou perfurantes c) deformações e defeitos acima dos limites especificados nas NBR 15575-2 a 15574-6 Método de avaliação - Análise de projeto ou inspeção em protótipo	Segurança no uso e operação	caderno 1 pág. 19
9.2 - Requisito - Segurança na utilização do imóvel 9.2.3 - Premissas de projeto - Devem ser previstas no projeto e na execução formas de minimizar durante o uso da edificação o risco de: a) queda de pessoas em altura: telhados, áticos, lajes de coberturas e quaisquer partes elevadas da construção b) acessos aos locais com risco de queda...	Segurança no uso e operação	caderno 1 pág. 19

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
10.1 - Generalidades - A exposição a água de chuva, a umidade proveniente do solo e aquela proveniente do uso da edificação habitacional devem ser consideradas em projeto, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e higiene do ambiente construído.	Estanqueidade	caderno 1 pág. 20
10.2 - Requisito - Estanqueidade a fontes de umidade externas a edificação 10.2.3 - Premissas de projeto - Devem ser previstas no projeto a prevenção de infiltração de água de chuva e a umidade do solo das edificações, por meios de detalhes indicados a seguir: a) condições de implantação dos conjuntos habitacionais, de forma a drenar adequadamente a água de chuva incidente em ruas internas, lotes vizinhos... b) Sistemas que impossibilitem a penetração de líquidos ou umidades de pisos e subsolos, jardins contíguos as fachadas e quaisquer... c) Sistemas que impossibilitem a penetração de líquidos ou umidades em fundações e pisos em contato com o solo d) ligação entre diversos elementos da construção ...	Estanqueidade	caderno 1 pág. 20
10.3 - Requisito - Estanqueidade a fontes de umidade internas a edificação 10.3.1 - Critério - Estanqueidade à água utilizada na operação, uso e manutenção do imóvel - Devem ser previstos em projeto detalhes que assegurem a estanqueidade de partes do edifício que tenha a possibilidade de ficar em contato com água gerada na ocupação...	Estanqueidade	caderno 1 pág. 21
13.2 - Requisito - Iluminação natural 13.2.5 - Premissas de projeto - Os requisitos de projetos podem ser atendidos pela adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e envidraçamento, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos e etc.)...	Desempenho Lumínico	caderno 1 pág. 29
14.3 - Manutenibilidade 14.3.3 - Método de avaliação - Análise de projeto - O projeto do edifício e seus sistemas deve ser adequadamente planejado, de modo a possibilitar meios que favoreçam as inspeções prediais e as condições de manutenção...	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 1 pág. 34
16.3 - Requisito - Adequação para pessoas com deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida 16.3.3 - Premissas de projeto - O projeto deve prever para áreas comuns e, quando contratado, também para as áreas privativas, as adaptações que normalmente refere-se a: a) acessos e instalações b) substituição de escadas por rampas c) limitação de declividades e de espaços a percorrer d) largura de corredores e portas e) alturas de peças sanitárias f) disponibilidade de alças e barras de apoio	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 1 pág. 36
16.4 - Requisito - Possibilidade de ampliação da unidade habitacional - Para unidades térreas e assobradadas, de caráter evolutivo, já comercializadas, com previsão de ampliação, a incorporadora e construtora deve fornecer ao usuário projeto... 16.4.1 - Critério - Ampliação de unidades habitacionais evolutivas - No projeto e na execução das edificações térreas e assobradadas, de caráter evolutivo, deve ser prevista pelo incorporador ou construtor a possibilidade de ampliação, especificando os detalhes construtivos necessários para ligação ou continuidade das paredes, pisos, coberturas e instalações. Método de avaliação - Análise de projeto	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 1 pág. 36

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
17.2 - Requisito - Conforto Tátil e adaptação ergonômica 17.2.1 - Critério - Adequação ergonômica de dispositivos de manobra - Os elementos e componentes da habitação (trincos, puxadores, cremonas, guilhotinas, etc.) devem ser projetados, construídos e montados de forma a não provocar ferimentos nos usuários...	Conforto tátil e antropodinâmico	caderno 1 pág. 37
17.3 - Requisito - Adequação antropodinâmica de dispositivos de manobra 17.3.1 - Critério - Força necessária para o acionamento de dispositivos de manobra - Os componentes, equipamentos e dispositivos de manobra devem ser projetados, construídos e montados de forma a evitar que a força necessária para o acionamento não exceda 10 N nem o torque ultrapasse 20 N.	Conforto tátil e antropodinâmico	caderno 1 pág. 38
18.1 - Generalidades 18.1.2 - De forma geral, os empreendimentos e a sua infraestrutura (arruamento, drenagem, rede de água, gás, esgoto, telefonia, energia) devem ser projetados, construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações no ambiente.	Adequação ambiental	caderno 1 pág. 38
18.2 - Projeto e implantação de empreendimentos - A implantação dos empreendimentos deve considerar os riscos de desconfinamento do solo, deslizamento de taludes, enchentes, erosões...	Adequação ambiental	caderno 1 pág. 38
18.4 - Consumo de água e deposição de esgotos no uso e ocupação da habitação 18.4.1 - Requisito - Utilização e reuso de água - As águas servidas provenientes dos sistemas hidrosanitários devem ser encaminhadas as redes públicas de coleta, na indisponibilidade dessas, devem utilizar sistemas que evitem a contaminação do ambiente local. Método de avaliação - análise de projeto, métodos de ensaios...	Adequação ambiental	caderno 1 pág. 40
14.1 - Requisito - Durabilidade do sistema estrutural 14.1.1 - Critério - Vida Útil de projeto do sistema estrutural - A estrutura principal e os elementos que fazem parte do sistema estrutural, comprometidos com a segurança e a estabilidade global da edificação, devem ser projetados e construído de modo que, sob as condições ambientais previstas na época de projeto e quando utilizados conforme preconizado em projeto e submetido a intervenções periódicas de manutenção e conservação, segundo instruções contidas no manual de uso, operação e manutenção, devem manter sua capacidade funcional durante toda vida útil de projeto... Método de avaliação - ... A) análise de projeto, considerando a adequação dos materiais, detalhes construtivos adotados ... B) ensaios físico-químicos e ensaios de envelhecimento acelerado...	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 2 pág. 15
9.3 - Requisito - Segurança no contato direto Critério - Arestas contundentes - A superfícies dos sistemas de piso não podem apresentar arestas contundentes...	Segurança no uso e operação	caderno 3 pág. 17
10.2 - Requisito - Estanqueidade de sistema de piso em contato com umidade ascendente 10.2.3 - Premissa de projeto - O projeto deve indicar o sistema construtivo que impeça a ascensão para o sistema de piso a umidade ascendente quanto a: a) estanqueidade a umidade b) resistência mecânica contra danos durante a construção e utilização do imóvel c) previsão eventual de um sistema de drenagem	Estanqueidade	caderno 3 pág. 18
14.3 - Requisito - Resistência a ataque químico dos sistemas de piso 14.3.3 - Premissas de projeto - O projeto deve considerar para seleção da camada de acabamento as principais características de uso de cada ambiente	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 3 pág. 24

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>14.4 - Requisito - Resistência ao desgaste em uso</p> <p>14.4.3 - Premissas de projeto - O projeto deve considerar para seleção da camada de acabamento as principais características de uso de cada ambiente</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 3 pág. 24
<p>7.4- Requisito - Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural</p> <p>7.4.2.1- Premissa de projeto para revestimento interno das vedações externas multicamadas - O projeto deve a) assegurar a fácil reposição dos materiais de revestimento b) explicar que o revestimento interno da parede de fachada não é parte integrante da estrutura da parede nem considerando o contraventamento quando for o caso.</p>	segurança estrutural	caderno 4 pág. 13
<p>7.7- Requisito - Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas</p> <p>7.7.2.1 - Premissa de projeto - Os projetos deve estabelecer os detalhes executivos ou referir-se a normas específicas, como também às cargas de uso prevista para os casos especiais, e atender as dimensões estabelecidas no caso de guarda-copos - na ABNT 14718</p>	segurança estrutural	caderno 4 pág. 18
<p>10.1 - Requisito - Infiltração de água nos sistemas de vedação verticais externas (fachadas)</p> <p>10.1.1 - Critério - Estanqueidade à água de chuva, considerando a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas) - Para as condições de exposição indicadas na tab. 11 e e conforme as regiões de exposição ao vento indicadas na fig. 1, os sistemas de vedação vertical externa da edificação habitacional, incluindo a junção entre a janela e a parede, devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações ...</p> <p>10.1.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve indicar os detalhes construtivos para as interfaces e juntas entre componentes, a fim de facilitar o escoamento da água e evitar a sua penetração para o interior da edificação. Esses detalhes devem levar em consideração as solicitações a que os componentes da vedação externa estão sujeitos...</p>	Estanqueidade	caderno 4 pág. 25
<p>10.2 - Requisito - Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrentes da ocupação do imóvel</p> <p>10.2.1 - Critério - Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água - área molhadas</p> <p>10.2.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve apresentar os detalhes construtivos dos pontos de interface do sistema</p>	Estanqueidade	caderno 4 pág. 25
<p>10.2 - Requisito - Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrentes da ocupação do imóvel</p> <p>10.2.2 - Critério - Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis - Não podem ocorrer a presença de umidade perceptível nos ambientes contíguos...</p> <p>10.2.2.2 - Premissa de projeto - O projeto deve conter os detalhes construtivos necessários</p>	Estanqueidade	caderno 4 pág. 26
<p>7.1- Requisito - Resistência e deformabilidade</p> <p>7.1.2 - Critério - Risco de arrancamento de componentes do SC sob ação do vento</p> <p>7.1.2.2 - Premissas de projeto - O projeto deve estabelecer: a) as considerações sobre a ação do vento, principalmente nas zonas de sucção b) detalhes de fixação c)influencia positiva ou não das platibandas d)no caso de emprego de lastro sob o sistema de impermeabilização, a resistência da aderência ou o próprio peso deve ser suficiente para não ser removido pela ação das intempéries.</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 10

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
9.1 - Requisito - Integridade do Sistema de cobertura 9.1.3 - Premissa de projeto - O projeto deve: a) estabelecer a inclinação máxima do sistema de cobertura a fim de evitar ou não o deslizamento dos seus componentes. Acima da inclinação máxima, o projeto deve estabelecer os meios de fixação. B) correlacionar os produtos especificados às normas vigentes de projeto e ...	Segurança no uso e operação	caderno 5 pág. 19
9.2 - Requisito - Manutenção e operação 9.2.1- Critério - Guarda corpos em coberturas acessíveis aos usuários - Lajes de coberturas das edificações destinadas à utilização corrente dos usuários da habitação (solariuns, terraços, jardins e semelhantes) devem ser providos de guarda corpo conforme ABNT ... 9.2.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve correlacionar os produtos especificados na NBR 14718 e nas normas vigentes dos produtos	Segurança no uso e operação	caderno 5 pág. 19
10.1 - Critério de impermeabilidade - O SC não pode apresentar escoamento, gotejamento de água ou gotas aderentes. Aceita-se o aparecimento de manchas de umidade, desde que restritas a no máximo 35% das áreas das telhas. 10.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve conter detalhes construtivos que assegurem a não ocorrência de umidade e de suas consequências estéticas no ambiental habitável.	Estanqueidade	caderno 5 pág. 22
10.3 - Critério - Estanqueidade das aberturas de ventilação 10.3.2 - Premissas de projeto - O projeto deve detalhar e posicionar o sistemas de abertura e saídas que atendam ao critério de estanqueidade e ventilação...	Estanqueidade	caderno 5 pág. 24
16.2 - Manutenção dos equipamentos e dispositivos ou componentes constituintes e integrantes do SC 16.2.3 - Premissas de projeto - O projeto deve: a) compatibilizar o disposto nas NBRs... B) prever todos os componentes, e seus detalhes construtivos integrados ao SC c) prever meios de acesso, incluindo: condições de segurança, condições ergonômicas para inspeções e realização de serviço de manutenção, bem como desinstalação d) quando houver possibilidade prevista de processos evolutivos do SC... devem ser indicados componentes...	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 5 pág. 31

Fonte: Autor

Tabela 02 - Requisitos de projeto da ND classificados como: reportam para outra norma específica.

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
8.2 - Dificultar o princípio de incêndio 8.2.1 - Critérios para dificultar o princípio de incêndio 8.2.1.2- Proteção contra risco de ignição das instalações elétricas - As instalações elétricas devem ser projetadas de acordo com a NBR 5410 e normas Brasileiras aplicáveis	segurança contra incêndio	caderno 1 pág. 16
8.2 - Dificultar o princípio de incêndio 8.2.1 - Critérios para dificultar o princípio de incêndio 8.2.1.3- Proteção contra vazamentos de instalações de gás - As instalações de gás devem ser projetadas de acordo com as NBR...	segurança contra incêndio	caderno 1 pág. 16
8.2 - Dificultar o princípio de incêndio 8.2.3 -Premissa de projeto. Onde tiver ambiente enclausurado deve atender a norma 15526	segurança contra incêndio	caderno 1 pág. 16
8.3 - Requisito - Facilitar a fuga em situação de incêndio 8.3.1 - Critério - Rota de fuga - As rotas de saída de emergência dos edifícios devem atender ao disposto na NBR 9077	segurança contra incêndio	caderno 1 pág. 17
8.5 - Requisito - Dificultar a propagação do incêndio 8.5.2 - Método de avaliação - Para isolamento de risco: análise de projeto e dimensionamento das distâncias seguras tendo em conta a ignição piloto por radiação e convecção através da cobertura. Análise de projeto ou inspeção em protótipo atendendo a legislação vigente. Para os sistemas da edificação, consultar as demais partes da ABNT 15575	segurança contra incêndio	caderno 1 pág. 17
8.6 - Requisito - Segurança estrutural em situação de incêndio 8.6.2 -Método de avaliação - Análise de projeto em situação de incêndio. Atendimento a normas de projeto estrutural ABNT...	segurança contra incêndio	caderno 1 pág. 18
8.7 - Requisito - sistema de extinção e sinalização de incêndio 8.7.2 - Método de avaliação - Análise de projeto e sendo possível inspeção em protótipo atendendo a legislação vigente.	segurança contra incêndio	caderno 1 pág. 18
9.3 - Requisito - Segurança nas instalações - Evitar a ocorrência de ferimentos ou danos aos usuários, em condições normais de uso. 9.3.1 - Segurança na utilização das instalações - As edificações devem atender a requisitos de normas específicas Método de avaliação - Análise de projeto ou inspeção em protótipo	Segurança no uso e operação	caderno 1 pág. 20
16.3 - Requisito - Adequação para pessoas com deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida 16.3.1 - Critério - Adaptações de áreas comuns e privativas - As áreas privativas devem receber as adaptações necessárias para pessoas com deficiência física ou com mobilidade reduzida nos percentuais previstos na legislação, e as áreas de uso comum sempre devem atender ao estabelecido na NBR 9050 Método de avaliação - Análise de projeto	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 1 pág. 36
7.3- Requisito - Deformações ou estado de fissura do sistema estrutural 7.3.2 - Método de avaliação - Atendimento aos valores das normas Brasileiras específicas ou tabelas 1 e 2. Caso esses valores não sejam atendidos, proceder a análise dos projetos atendendo ao estabelecido em 7.3.2.1 e 7.3.2.2	segurança estrutural	caderno 2 pág. 8
8.3 - Requisito - Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação 8.3.2 - Método de avaliação - análise de projeto estrutural e conjunto de ensaios de resistência ao fogo de acordo com a NBR 5628. Análise de projeto estrutural em situação de incêndio em atendimento as normas...	segurança contra incêndio	caderno 3 pág. 13

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>10.2 - Requisito - Estanqueidade de sistema de piso em contato com umidade ascendente</p> <p>10.2.1 - Critério - Estanqueidade de sistema de piso em contato com umidade ascendente - Os sistemas de piso devem ser estanques a umidade ascendentes, considerando a altura máxima do lençol freático prevista para o local da obra</p> <p>Método de avaliação - Análise do projeto, conforme NBR 9575 e 9574</p>	Estanqueidade	caderno 3 pág. 18
<p>16.1 - Requisito - Sistema de piso para pessoas portadoras de deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida (pmr) - Propiciar mobilidade e segurança em função das áreas de uso.</p> <p>16.1.3 - Sistema de piso para área comum - O sistema de piso deverá atender a NBR 9050</p> <p>Método de avaliação - Análise de projeto e atendimento a NBR 9050</p>	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 3 pág. 24
<p>7.1- Requisito - Estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação internos e externos - Apresentar nível de segurança considerando-se a combinação de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil da edificação habitacional ou do sistema.</p> <p>7.1.3- Premissa de projeto - Quando se tratar de vedação vertical interna ou externa com função estrutural, o projeto deve mencionar a norma brasileira atendida...</p>	segurança estrutural	caderno 4 pág. 5
<p>9.2 - Requisito - Manutenção e operação</p> <p>9.2.5 - Critério -Aterramento de sistemas de coberturas metálicas</p> <p>9.2.5.2 - Premissa de projeto - O projeto deve: a) levar em consideração o projeto do sistema SPDA b) mencionar o atendimento as NBR 13571 e 5419</p>	Segurança no uso e operação	caderno 5 pág. 21
<p>16.2 - Manutenção dos equipamentos e dispositivos ou componentes constituintes e integrantes do SC</p> <p>16.2.1 - Critério - Instalação, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos de cobertura - O SC deve ser passível de proporcionar meios pelos quais permitam atender fácil e tecnicamente às vistorias, manutenções e instalações previstas em projeto.</p> <p>Método de avaliação - Análise de projetos de arquitetura conforme NBRs...</p>	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 5 pág. 31
<p>8.1 - Requisito - Combate a incêndio com água</p> <p>8.1.1 - Reserva de água para combate a incêndio - O volume de água necessário para o combate a incêndio deve ser estabelecido segundo a legislação vigente ou na sua ausência, segundo NBR 10897 e 13714</p> <p>Método de avaliação - Análise de projeto</p>	segurança contra incêndio	caderno 6 pág. 10
<p>8.2 - Requisito - Combate a incêndio com extintores</p> <p>8.2.1 - Critério - tipo e posicionamento de extintores - Os extintores devem ser classificados e posicionados de acordo com a NBR 12693</p> <p>Método de avaliação - Verificação e projeto in loco</p>	segurança contra incêndio	caderno 6 pág. 10
<p>8.3 - Requisito - Evitar propagação de chamas entre pavimentos</p> <p>8.3.1 - Critério - Evitar propagação de chamas entre pavimentos - Quando as prumadas de esgoto sanitário e ventilação estiverem instaladas aparentes, fixadas em alvenaria ou no interior de dutos verticais (shafts), devem ser fabricadas com material não propagante de chamas.</p> <p>Método de avaliação - Análise de projeto. Caso seja necessário verificar se o material não é propagante de chama, deve-se verificar a ISO 1182</p>	segurança contra incêndio	caderno 6 pág. 11

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>9.1 -Requisito - Risco de choques elétricos e queimaduras em sistemas de equipamentos de aquecimento e em eletrodomésticos e eletrônicos</p> <p>9.1.1 - Critério - Aterramento das instalações, dos aparelhos aquecedores, dos eletrodomésticos e dos eletrônicos - Todas as tubulações equipamentos e acessórios do sistema hidrosanitário devem ser direta ou indiretamente aterrados conforme NBR 5410</p> <p>9.1.1.1 - Método de avaliação - Verificação em projeto</p>	Segurança no uso e operação	caderno 6 pág. 11
<p>9.2 - Requisito - Risco de explosão, queimaduras ou intoxicação por gás</p> <p>9.2.2 - Critério - Instalação de equipamento a gás combustível - O funcionamento do equipamento instalado em ambientes residências deve ser feito de maneira que a concentração máxima de CO2 não ultrapasse 5%</p> <p>9.2.2.1 - Método de avaliação - verificação dos detalhes construtivos, por análise de projeto arquitetônico e de inspeção de protótipo, quanto ao atendimento das NBR 13103 e 14011</p>	Segurança no uso e operação	caderno 6 pág. 12
<p>14.2 - Requisito - Manutenibilidade das instalações hidráulicas, de esgotos e águas pluviais</p> <p>14.2.1 - Critério - inspeções em tubulações de esgoto e águas pluviais - Nas tubulações de esgoto e águas pluviais devem prever dispositivos de inspeção nas condições prescritas, respectivamente nas NBRs 8160 3 10844</p> <p>14.2.1.1 - Método de avaliação - verificação do projeto ou inspeção em protótipo</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 6 pág. 17
<p>15.1 - Requisito - Contaminação de água a partir dos componentes das instalações</p> <p>15.1.1 - Critério - Independência dos sistemas de água - O sistema de água potável deve ser separado fisicamente de qualquer outra instalação que conduza água não potável de qualidade insatisfatória, desconhecida ou questionável...</p> <p>15.1.1.1 - Método de avaliação - Verificação de projeto quanto ao atendimento das NBRs...</p>	Saúde, higiene e qualidade do ar	caderno 6 pág. 17
<p>15.3 - Requisito - Contaminação de água do sistema predial</p> <p>15.3.1 - Critério - Tubulações e componentes de água potável enterrados - Os componentes do sistema de instalação enterrados devem ser protegidos quanto a entrada de animais ou corpos estranhos, bem como líquidos que possam contaminar a água...</p> <p>Método de avaliação - Verificação em projeto quanto ao atendimento as NBRs 5626 e 8160</p>	Saúde, higiene e qualidade do ar	caderno 6 pág. 18
<p>15.4 - Requisito - Contaminação de água por refluxo - Não permitir o refluxo ou retrossifonagem</p> <p>15.4.1 - Critério - Separação atmosférica - A separação atmosférica pos física ou mediante equipamentos deve atender os requisitos da NBR 5626</p> <p>Método de avaliação - Verificar o projeto quanto ao atendimento da NBR 5626</p>	Saúde, higiene e qualidade do ar	caderno 6 pág. 19
<p>15.5 - Requisito - Ausência de odores provenientes de instalação de esgoto - Não permitir o retorno de gases aos ambientes sanitários.</p> <p>15.5.1 - Critério - Estanqueidade dos gases - O sistema de esgoto deve ser projetado de forma a não permitir a retrossifonagem ou quebra do fecho hídrico</p> <p>Método de avaliação - Verificar o projeto quanto ao atendimento da NBR 8160</p>	Saúde, higiene e qualidade do ar	caderno 6 pág. 19
<p>15.6 - Requisito - Contaminação do ar pelos equipamentos - Não pode haver possibilidade de contaminação por geração de gás.</p> <p>15.6.1 - Critério - Teor de poluentes - Os ambiente não podem apresentar teor de CO2 superior a 0,5% e de CO superior a 30 ppm.</p> <p>Método de avaliação - Verificar o projeto quanto ao atendimento da NBR 13103 bem como inspecionar in loco os ambientes</p>	Saúde, higiene e qualidade do ar	caderno 6 pág. 19

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
16.1 - Requisitos - Funcionamento das instalações de água 16.1.1 - Critério - Dimensionamento da instalação de água fria e quente - O sistema predial de água fria deve fornecer água na pressão, vazão e volume compatível com o uso... 16.1.1.1- Método de avaliação - Verificar o projeto quanto ao atendimento das NBRs 5626 e 7198	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 6 pág. 20
16.2 - Requisito - Funcionamento das instalações de esgoto 16.2.1 - Critério - Dimensionamento das instalações de esgoto 16.2.1.1 - Método de avaliação - Verificar o projeto quanto ao atendimento das NBRs ...	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 6 pág. 20
16.3 - Requisito - Funcionamento das instalações de águas pluviais 16.3.1 -Critério - Dimensionamento das calhas e condutores - As calhas e condutores devem suportar a vazão de projeto calculada a partir da intensidade de chuva adotada para a localidade e para um certo período de retorno. Método de avaliação - Verificar o projeto quanto ao atendimento da NBR 10844	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 6 pág. 21

Fonte: Autor

Tabela 03 - Requisitos de projeto da ND classificados como: não são verificáveis automaticamente pelo SMC.

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
13.3 - Requisito - Iluminação artificial 13.3.1 - Critério - Níveis mínimos de iluminação artificial - Os níveis gerais promovidos nas diferentes dependências dos edifícios habitacionais por iluminação artificial devem atender o disposto na tabela 6... Método de avaliação - Análise de projeto ou inspeção de protótipo, utilizando um dos métodos estabelecidos no anexo B, para iluminação artificial.	Desempenho Lumínico	caderno pág. 30
14.2 - Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e do sistema que o compõem 14.2.5 - Premissas - As condições de exposição do edifício devem ser especificadas em projeto a fim de possibilitar uma análise da vida útil de projeto (VUP) e da durabilidade do edifício e seus sistemas. As especificações relativas a manutenção, uso e operação do edifício e seus sistemas que forem consideradas em projeto para definição da vida útil de projeto (VUP) devem estar claramente detalhadas...	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 1 pág. 33
7.2- Requisito - Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural 7.2.3- Premissa de projeto - O projeto deve apresentar a justificativa dos fundamentos técnicos com base em Normas Brasileiras, ou em sua ausência com base nos Eurocodes ou ensaios conforme 7.2.2.2.	segurança estrutural	caderno 2 pág. 6
14.1 - Requisito - Durabilidade do sistema estrutural 14.1.3 -Premissas de projeto - Os projetos devem mencionar as normas aplicáveis às condições ambientais vigentes na época de projeto e a utilização prevista na edificação	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 2 pág. 15
9.2 - Requisito - Segurança na circulação 9.2.2 - Critério - frestas - Os sistemas de pisos não podem apresentar abertura máxima de frestas (ou juntas sem preenchimento), entre componentes do piso, maior do que 4 mm, excetuando-se caso de juntas de movimentação em ambientes externos. Método de avaliação - Análise de projeto ou inspeção em protótipo	Segurança no uso e operação	caderno 3 pág. 17

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>16.1 - Requisito - Sistema de piso para pessoas portadoras de deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida (pmr) - Propiciar mobilidade e segurança em função das áreas de uso.</p> <p>16.1.5 - Premissas de projeto - O projeto deve especificar a sinalização e locais de sinalização, além de considerar a camada de acabamento dos degraus e rampas, bem como deve especificar desníveis entre as alturas das soleiras</p>	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 3 pág. 24
<p>14.3 - Requisito - Manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais internas e externas</p> <p>14.3.1 - Critério - Manual de uso, operação e manutenção dos sistemas de vedação vertical</p> <p>14.3.1.2 - Premissa de projeto - O fabricante do produto, o construtor, o incorporador público ou privado, isolado ou solidariamente, devem especificar em projeto todas as condições de uso, operação e manutenção dos sistemas de vedações verticais internas e externas, especialmente com relação a: a) caixilhos, esquadrias e demais componentes ... c) periodicidade, forma de realização e forma de registros de inspeções ... f) menções as normas aplicáveis</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 4 pág. 33
<p>7.1- Requisito - Resistência e deformabilidade</p> <p>7.1.1- Critério - Comportamento estático - O SC da edificação habitacional deve ser projetado, construído e montado de forma a atender os requisitos da ABNT NBR 15575-2: 2013, 7.2.2.1 e 7.3.2.1</p> <p>7.1.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve: a) considerar o disposto na ABNT 15575-2: 20013, 7.2.3 b) especificar os insumos, os componentes e os planos de montagem.</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 9
<p>7.1- Requisito - Resistência e deformabilidade</p> <p>7.1.2 - Critério - Risco de arrancamento de componentes do SC sob ação do vento</p> <p>7.1.2.1 - Método de avaliação - Análise das premissas de projeto do sistema de cobertura, verificação e validação dos cálculos estruturais. O projeto do SC deve considerar o efeito de sucção ...</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 9
<p>7.2 - Requisito - Solicitações de montagem ou manutenção - Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos na fase de montagem ou de manutenção</p> <p>7.2.2 - Critério - Cargas concentradas em sistemas de cobertura acessíveis aos usuários</p> <p>7.2.2.2 -Premissa de projeto - O projeto deve especificar em detalhes os locais acessíveis (ver requisitos da seção 16 da NBR 15575-1: 2013 seção 16</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 11
<p>7.5 - Requisito - Ação de granizo e outras cargas acidentais em telhados</p> <p>7.5.3 - Requisito de projeto - O projeto deve mencionar a adequação do telhado sob ação do granizo</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 13
<p>9.2 - Requisito - Manutenção e operação</p> <p>9.2.2 - Critério - Platibanda - sistemas ou platibandas previstos para sustentar andaimes suspensos ou balancinhos leves devem suportar a ação dos esforços no topo e ao longo de qualquer trecho pela força F do cabo majorado conforme ABNT...</p> <p>9.2.2.2 - Premissa de projeto - O projeto deve ter a) o binário resistente máximo b) constar dados que permitam ao incorporador e ao construtor indicar no manual de uso e operação e manutenção, a possibilidade ou não de fixação de andaimes suspensos por ganchos...</p>	Segurança no uso e operação	caderno 5 pág. 20

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>9.2 - Requisito - Manutenção e operação</p> <p>9.2.4 - Critério - Possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura - Telhados e lajes devem propiciar o caminhamento de pessoas... Suportando carga vertical concentrada maior ou igual a 1,2 kn...</p> <p>9.2.4.2 Premissa de projeto - O projeto deve : a) delimitar as posições dos componentes dos telhados que possuem resistência mecânica suficiente para o caminhamento de pessoas b) indicar a forma de deslocamento das pessoas sobre o telhado</p>	Segurança no uso e operação	caderno 5 pág. 21
<p>10.4 - Critério para captação e escoamento de águas pluviais</p> <p>10.4.2 - Premissas de projeto - O Projeto deve: considerar as disposições da NBR 10844... B) compatibilizar entre si os projetos de arquitetura do telhado e impermeabilização... C) especificar os caimentos dos panos... D)...</p>	Estanqueidade	caderno 5 pág. 25
<p>10.5 - Critérios - Estanqueidade para SC impermeabilizado</p> <p>10.5.2 - Premissas de projeto - O projeto deve especificar: a) todos os materiais necessários b) Condições de armazenagem e manuseio ... E)normas utilizadas f)formas de execução</p>	Estanqueidade	caderno 5 pág. 26
<p>14.2 - Critério - Estabilidade de cor e outros componentes da coberturas</p> <p>14.2.2 - Premissas de projeto - O projeto deve especificar a gama de cores que atendam ao critério 14.1.2 e informar os tempos necessários para manutenção, a fim que não haja perdas na absorvância em face das alterações ao longo do tempo.</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 5 pág. 30
<p>7.2 - Requisito - Solicitações dinâmicas hidrosanitários - Não provocar golpes e vibrações que impliquem risco a estabilidade estrutural.</p> <p>7.2.2 -Critério - Pressão estática máxima</p> <p>7.2.2.1 -Método de avaliação - verificar em projeto as pressões estáticas mais desfavoráveis atuantes nos componentes.</p>	segurança estrutural	caderno 6 pág. 8
<p>9.4 - Requisito - Temperatura de utilização da água</p> <p>9.4.3 - Premissa de projeto - No caso de uso de válvula de descarga, deve haver coluna exclusiva para abastece-la, saindo diretamente do reservatório, não podendo ser ligado a qualquer outro ramal nessa coluna.</p>	Segurança no uso e operação	caderno 6 pág. 13
<p>14.1 - Requisito - Vida útil de projeto das instalações sanitárias</p> <p>14.1.2 - Critério - Proteção e execução das instalações hidrosanitárias - A qualidade do projeto e da execução dos sistemas sanitários deve assegurar o atendimento as normas brasileiras vigentes.</p> <p>14.1.2.1 - Método de avaliação - Verificação ao atendimento do projeto a lista de verificação detalhada no anexo A</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 6 pág. 16
<p>18.2 - Requisito - Contaminação do solo e lençol freático</p> <p>18.2.1 - Critério - tratamento e disposição de efluentes - Os sistemas prediais de esgoto devem estar ligados a rede pública de esgoto ou a um sistema localizado de tratamento...</p> <p>Método de avaliação - Verificar no projeto se o sistema predial está ligado a rede pública ou a um sistema localizado de tratamento e disposição</p>	Adequação ambiental	caderno 6 pág. 22

Fonte: Autor

Tabela 04 - Requisitos de projeto da ND classificados como: verificáveis automaticamente pelo SMC.

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>13.2 - Requisito - Iluminação natural</p> <p>13.2.6 - Comunicação com o exterior - Recomenda-se que a iluminação natural das salas de estar e dormitórios seja providas de vãos de portas ou janelas. No caso de janelas, recomenda-se que a cota do peitoril esteja posicionada no máximo a 100 cm do piso interno, e a cota de testeira do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme figura 1</p>	Desempenho Lumínico	caderno 1 pág. 29
<p>16.1 - Requisito - Altura mínima de pé direito</p> <p>16.1.1 - Critério - Altura mínima de pé direito - A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m. Em vestíbulos, halls, corredores, instalações sanitárias e despensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,30 m. Nos tetos com vigas, inclinados, abobadados ou, em geral contendo superfícies salientes na altura piso a piso e/ou pé direito mínimo deve ser mantido pelo menos 80% da superfície do teto, permitindo na superfície restante que o pé direito possa descer até o mínimo de 2,30m</p> <p>Método de avaliação - Análise de projeto</p>	Funcionalidade e acessibilidade	caderno 1 pág. 35
<p>16.2 - Requisito - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação</p> <p>16.2.1 - Critério - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação - Para os projetos de arquitetura de unidades habitacionais, sugere-se prever no mínimo a disponibilidade de espaço nos cômodos da edificação habitacional para colocação e utilização dos móveis e equipamentos padrão listados no anexo F.</p> <p>Tabela F1 - Moveis e equipamentos (ambiente e mobiliário mínimo)</p> <p>quarto casal - cama casal + guarda roupa + criado mudo, quarto solteiro - 02 camas solteiro + guarda roupa + criado mudo, sala estar/jantar - sofá 2 ou 3 lug. + estante TV + poltrona + mesa 4 lug., cozinha - fogão + geladeira + pia, banho - vaso + box + lavatório, área serviço - tanque + maquina lavar</p> <p>Tabela F2 - dimensões mínimas mobiliário e circulação</p> <p>sofá 3 lug. - 1,7 x 0,7, sofá 2 lug. - 1,2 x 0,7, Numero de assentos mínimo dos sofás é determinado pela quantidade de habitantes por unidade considerando o numero de leitos. , poltrona 0,5 x 0,4, Estante/armário tv - 0,8 x 0,5, mesa quadrada 4 lug - 1 x 1, mesa quadrada 6 lug - 1,2 x 1,2 ,mesa retangular 4 lug - 1,2 x 0,8, mesa retangular 6 lug - 1,5 x 0,8,</p> <p>pia - 1,2 x 0,5, fogão - 0,55 x 0,60, geladeira - 0,7 x 0,7, cama casal - 1,4 x 1,9, cama solteiro - 0,8 x 1,9, criado mudo - 0,5 x 0,5, guarda roupa - 1,6 x 0,5, lavatório - 0,39 x 0,29, vaso sanitário - 0,6 x 0,6, box - 0,8 x 0,8, tanque - 0,52 x 0,53, maquina de lavar - 0,6 x 0,65, Largura mínima da sala -2,40m, Largura mínima cozinha - 1,5m, Largura mínima banheiro - 1,1m, Espaço mínimo livre p/ circulação: frente do sofá - 50cm, frente da pia, fogão e geladeira - 0,85m, entre as camas - 60cm a partir da borda da mesa - 0,75m</p>	Funcionalidade e acessibilidade	caderno pág. 35 e 67 a 70
<p>8.3 - Requisito - Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação</p> <p>8.3.13 Critério - Prumadas de lareiras, churrasqueiras, varandas goumert e similares - Os dutos de exaustão de lareiras, churrasqueiras, varandas goumert e similares devem ser integralmente compostos por materiais incombustíveis, ou seja, Classe I, conforme tabela 2, e devem ser dispostos de forma a não implicarem risco de propagação de incêndio entre pavimentos, ou no próprio pavimento onde se originam.</p> <p>Devem também atender somente uma lareira ou churrasqueira e/ou as conexões com prumadas coletivas</p> <p>Método de avaliação - Análise de projeto</p>	segurança contra incêndio	caderno 3 pág. 15

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>11.3 - Requisito - Aberturas para ventilação</p> <p>11.3.1 - Critério - Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam a legislação do local da obra incluindo códigos de obras, códigos sanitários e outros. Quando não houver requisito de ordem legal para o local de implantação da obra devem ser indicados os valores adotados na tabela 15 - área mínima de ventilação e dormitórios e sala de estar. Para zona bioclimática 1 a 7: A>7% da área de piso. Para zona bioclimática 8: A>12% para região norte do Brasil e A>8% região nordeste e sudeste do Brasil.</p> <p>11.3.1.1 - Método de avaliação - análise do projeto arquitetônico</p>	Desempenho Térmico	caderno 4 pág. 28
<p>12.3 - Requisito - Níveis de ruído permitidos na habitação</p> <p>Critério - Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa (fachada e cobertura...), verificada em ensaio de campo.</p> <p>Método de precisão - Esse método determina a isolamento sonora dos componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros) fornecendo valores de referência de cálculo para projetos.</p> <p>Obs: a norma permite que seja utilizado o método de precisão.</p>	Desempenho Acústico	caderno 4 pág. 30
<p>14.2 - Requisito - Vida Útil de projeto dos sistemas de vedações verticais internas e externas</p> <p>14.2.1 - Critério - Vida útil de projeto - Os SVVIE da edificação habitacional devem apresentar vida útil de projeto (VUP) igual ou superior aos períodos especificados...</p> <p>14.2.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve mencionar o prazo de substituição e manutenção periódicos dos componentes que apresentem vida útil menor do que aquelas estabelecidas para SVVIE.</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 4 pág. 32
<p>7.3 - Requisito - Solicitações dinâmicas em sistemas de cobertura e em coberturas terraço acessíveis aos usuários</p> <p>7.3.1 - Critério - Impacto de corpo mole em sistemas de cobertura-terraço acessíveis aos usuários. - Os SC devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender os requisitos da NBR 15575-2: 2003, tabela 5</p> <p>7.3.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para SC</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 12
<p>7.3 - Requisito - Solicitações dinâmicas em sistemas de cobertura e em coberturas terraço acessíveis aos usuários</p> <p>7.3.2 - Critério - Impacto de corpo duro em sistemas de cobertura acessíveis aos usuários. - Os SC devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender os requisitos da NBR 15575-2: 2003, 7.3.2 tabela 8</p> <p>7.3.2.2 - Premissa de projeto - O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para SC</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 12
<p>14.1 - Critério para vida útil de projeto</p> <p>14.1.2 - Premissas de projeto - O projeto deve constar o prazo de substituição e as operações de manutenções periódicas pertinentes.</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 5 pág. 30
<p>14.1 - Requisito - Vida útil de projeto das instalações sanitárias</p> <p>14.1.1 - Critério para vida útil de projeto</p> <p>14.1.1.2 - Premissa de projeto - Dada a complexidade e variedade dos componentes que constituem o sistema hidrosanitário e a fim que atenda a NBR15573:2003, tabela 7, considerando-se ainda que a vida útil também é função da agressividade do meio ambiente, das características intrínsecas dos materiais e dos solos, os componentes podem apresentar uma vida útil menor do que aquelas estabelecidas para o sistema hidrosanitário como vida útil de projeto. Assim, no projeto deve constar o prazo de substituição e manutenções periódicas pertinentes.</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 6 pág. 16

Fonte: Autor

Tabela 05 - Requisitos de projeto da ND classificados como: parcialmente verificáveis pelo SMC.

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>14.2 - Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e do sistema que o compõem</p> <p>14.2.1 - Critério - Vida Útil de projeto - O projeto deve especificar o valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na tabela 7, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham a durabilidade potencial compatível com a VUP...</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 1 pág. 31
<p>8.3 - Requisito - Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação</p> <p>8.3.15 Critério - Escadas, elevadores e monta-cargas - ... As escadas devem ser enclausuradas com paredes e portas corta fogo. A resistência ao fogo das paredes deve ser no mínimo 120 min, quando a altura da edificação não superar 120 min e 180m para edifícios mais altos. As portas corta-fogo quando o hall de acesso a escada for isento de carga de incêndio, deve apresentar resistência ao fogo ...</p> <p>Método de avaliação - Análise de projeto</p>	segurança contra incêndio	caderno 3 pág. 15
<p>9.2 - Requisito - Segurança na circulação</p> <p>9.2.1 - Critério - Desníveis abruptos - Para área privativa de um mesmo ambiente, eventuais desníveis abruptos no sistema de piso de até 5mm não demandam tratamento especial. Desníveis abruptos superiores a 5mm devem ter sinalização que garanta a visibilidade do desnível, por exemplo, por mudanças de cor, testeiras e faixas de sinalização. Para as áreas comuns devem ser atendidas a NBR 9050</p> <p>9.2.1.2 - Premissa de projeto - O projeto deve recomendar cuidados específicos para camadas de acabamentos de sistemas de pisos aplicadas em escadas ou rampas (acima de 5% de inclinação) e nas áreas comuns.</p>	Segurança no uso e operação	caderno 3 pág. 17
<p>7.2-Requisito - Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas.</p> <p>7.2.2.4- Premissas de projeto - O projeto deve mencionar a função estrutural ou não dos SVVI(internas) ou SVVE (externa), indicando as normas brasileiras aplicáveis para sistemas com função estrutural ou sem função estrutural</p>	segurança estrutural	caderno 4 pág. 8
<p>7.3-Requisito - Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas nos sistemas de vedações internas e externas</p> <p>7.3.3.1- Premissas de projeto - O projeto deve indicar as cargas de uso. O projeto deve indicar os dispositivos e sistemas de fixação, incluindo detalhes típicos. O projeto deve estabelecer as cargas de uso ou de serviço a serem aplicadas para cada situação específica, os dispositivos ou sistemas de fixação previstos e os locais permitidos para fixação de peças suspensas, se houver restrições, devendo mencionar também as recomendações e limitações de uso. Havendo limitações quanto ao tipo de mão francesa, o fornecedor deve informá-las e fazer constar em 3.2 nos seus catálogos.</p>	segurança estrutural	caderno 4 pág. 9
<p>7.2 - Requisito - Solicitações de montagem ou manutenção - Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos na fase de montagem ou de manutenção</p> <p>7.2.1 - Critério - Cargas concentradas - As estruturas principais e secundárias devem suportar ação de carga vertical concentrada...</p> <p>7.2.1.2 - Premissa de projeto - Os projetos devem: a)indicar a vida útil de projeto b)incluir memória de calculo b) relacionar as normas brasileiras, estrangeiras ou internacionais adotadas.</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 10

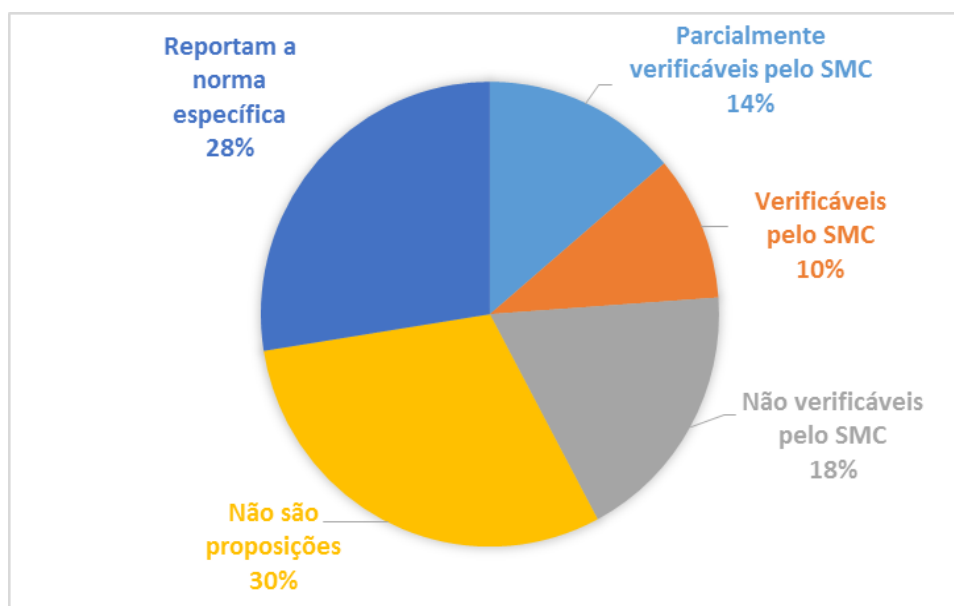
Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
<p>7.4- Requisito - Solicitações em forro - Possibilitar a fixação de luminárias e outras cargas de ocupação.</p> <p>7.4.3 - Premissa de projeto - O projeto do forro deve indicar a carga máxima a ser suportada pelo elemento ou componente forro, bem como as disposições construtivas e sistemas de fixação dos elementos ou componentes atendendo as normas brasileiras.</p>	segurança estrutural	caderno 5 pág. 13
<p>8.2 - Requisito - Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento</p> <p>8.2.1.2 - Premissas de projeto - O projeto deve estabelecer os indicadores de reação ao fogo dos componentes do SC e as implicações na propagação de chamas e geração de fumaça. Considerar os seguintes requisitos: a) os materiais isolantes térmicos e absorventes acústicos aplicados... devem enquadrar-se entre as classes I a II - A...</p>	segurança contra incêndio	caderno 5 pág. 15
<p>8.3 - Requisito - Resistência ao fogo do sistema de cobertura</p> <p>8.3.3 - Premissas de projeto - O projeto e o dimensionamento das estruturas devem ser realizados conforme NBR 15575-2. O projeto do SC ou das paredes da geminação deve prever componentes que prolonguem até a face inferior do telhado sem a presença de frestas, com resistência ao fogo 30 min, caso o SC não apresente essa resistência mínima ao fogo.</p>	segurança contra incêndio	caderno 5 pág. 17
<p>9.2 - Requisito - Manutenção e operação</p> <p>9.2.3 - Critério - Segurança no trabalho nos sistemas de cobertura inclinadas</p> <p>9.2.3.2 - Premissas de projeto - O projeto deve estabelecer: a) uso de dispositivos ancorados na estrutura principal, de forma a possibilitar o engate de cordas, cintos de segurança e outros equipamentos de proteção individual, para declividades superiores a 30%. b) os meios de acesso para realização de manutenção</p>	Segurança no uso e operação	caderno 5 pág. 20
<p>10.2 - Critério - Estanqueidade do SC - Durante a vida útil do projeto de cobertura, não pode ocorrer a penetração ou infiltração de água...</p> <p>10.2.2 - Premissas de projetos - ...O projeto também deve: a) mencionar as normas brasileiras dos componentes... B) detalhar quando requerido a presença de barreiras... C) indicar a sobreposição das peças (longitudinais e transversais) d) dimensões dos panos e) indicar declividade dos SC...</p>	Estanqueidade	caderno 5 pág. 24
<p>14.3 - Critério - Manual de uso, operação e manutenção das coberturas</p> <p>14.3.2 - Premissas de projeto</p> <p>14.3.2.1 - Condições - a) características gerais de funcionamento dos componentes, aparelhos ou equipamentos constituintes da cobertura ou que com esta interfiram ou guardem direta relação b) recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada c) periodicidade, forma de realização e forma de registro das inspeções e manutenções.</p>	Durabilidade e manutenibilidade	caderno 5 pág. 31
<p>7.1 - Requisito - Resistência mecânica dos sistemas hidrosanitários e das instalações - Resistir as solicitações mecânicas durante o uso</p> <p>7.1.2 - Critério - As tubulações enterradas devem manter a sua integridade</p> <p>7.1.2.1 - Método de avaliação - Verificar em projeto a existência de berços e envelopamentos, ou berços ou envelopamentos consubstanciados em memória de cálculo constantes em projeto ou em literatura especializada.</p>	segurança estrutural	caderno 6 pág. 7

Requisitos de projeto	Tema	Localização na norma
7.1 - Requisito - Resistência mecânica dos sistemas hidrosanitários e das instalações - Resistir as solicitações mecânicas durante o uso 7.1.3- Critério - Tubulações embutidas - As tubulações embutidas não podem sofrer ações externas que possam danificá-las ou comprometer a estanqueidade ou o fluxo. 7.1.3.1 - Método de avaliação - Verificar em projeto nos pontos de transição entre elementos (paredes x piso,pared x pilar e outros), a existência de dispositivos que a não transição de esforços para as tubulações	segurança estrutural	caderno 6 pág. 7
7.2 - Requisito - Solicitações dinâmicas hidrosanitários - Não provocar golpes e vibrações que impliquem risco a estabilidade estrutural. 7.2.3 -Critério - sobrepressão máxima quando da parada de bombas de recalque 7.2.3.1 -Método de avaliação - Verificar a menção no projeto da velocidade do fluxo prevista. O projeto pode estabelecer acima de 10 m/s, desde que previsto dispositivos redutores	segurança estrutural	caderno 6 pág. 8

Fonte: Autor

O gráfico 01 mostra essa classificação dos 109 requisitos de projeto da norma de desempenho em termos percentuais. Temos: 33 classificados como não são proposições (30%), 30 reportam para outra norma específica (28%), 20 não são verificáveis automaticamente pelo SMC (18%), 11 são verificáveis (10%) e 15 verificáveis parcialmente (14%).

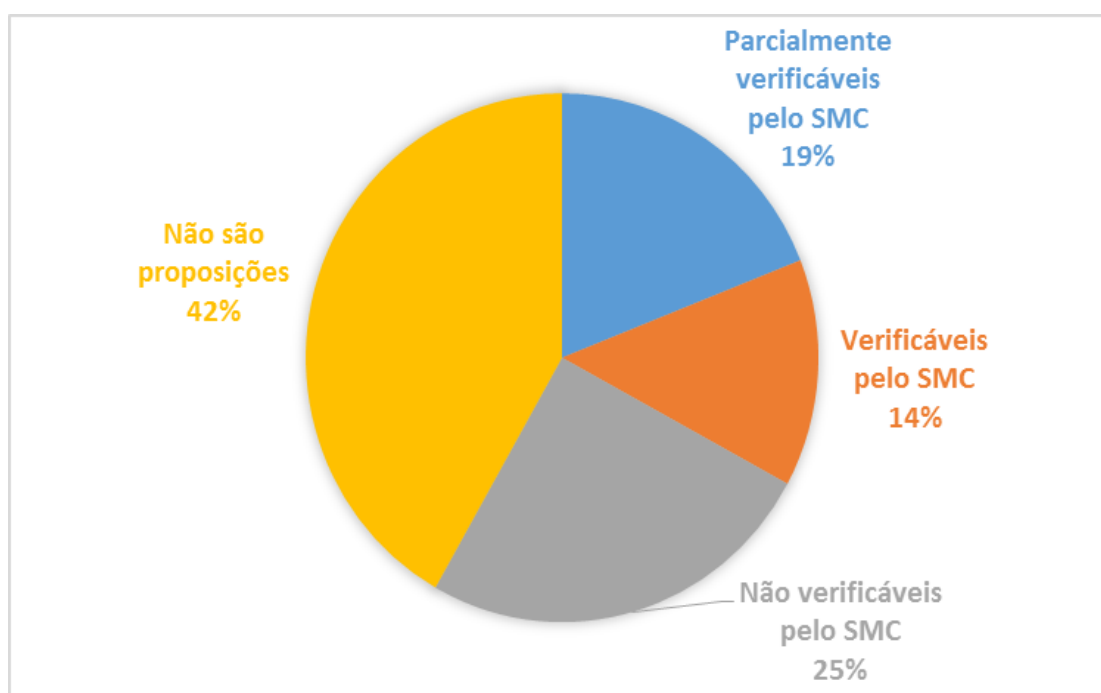
Gráfico 01 - Classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho



Fonte: O Autor

Para avaliar a aplicabilidade e a aderência da verificação automática de projeto à norma de desempenho, com a utilização do SMC, é necessário excluir os requisitos que reportam para outras normas específicas, uma vez que esses não são exclusivos da NBR em estudo. Feita esta segregação de requisitos, restaram, 33 que não são proposições (42%), 20 que não são verificáveis automaticamente pelo SMC (25%), 26 que podem ser verificados pelo software, 11 verificáveis automaticamente (14%), por fim, 15 parcialmente verificáveis (19%). Essa nova realidade é apresentada no Gráfico 02.

Gráfico 02 - Classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho excluindo as classificações que não são proposições ou que reportam para outra norma específica.



Fonte: O autor

Os resultados obtidos nessa parte da pesquisa revelam que ainda é relativamente baixo o percentual de regras que são passíveis de verificação automática. Apenas 14% das regras realizaram a verificação completa do requisito, e 19% verificaram parcialmente. A grande maioria das regras (42%) foram classificadas como 'não são proposições'. Ou seja, são regras genéricas, indicações vagas e recomendações gerais, que impossibilitam formular uma lógica computacional objetiva, independente do software ou sistema de verificação adotado. Esses resultados podem ser comparados a outros provenientes de outras pesquisas semelhantes.

Rodrigues (2015), ao avaliar normas de acessibilidade, de modo a extrair os aspectos da regulamentação onde é possível aplicar a verificação automática, com uso dos templates de regras disponíveis do Software SMC, trouxe os seguintes resultados:

Norma Internacional: ISO/FDIS-21542 – *Accessibility and Usability of the Built Environment*. - Total de requisitos de projeto 893, desses 19% são verificáveis pelo SMC, 49% não são verificáveis e 33% não são proposições.

Norma americana: *Standards for Accessible Design 2010*. – Total de requisitos de projeto 761, desses 24,7% são verificáveis, 63,6% não são verificáveis e 11,7% não são proposições.

Norma do Reino Unido: *Building Regulations 2010. Access to and Use of Buildings*. – Total de 332 requisitos de projeto, desses 38% são verificáveis, 49% não são verificáveis e 13% não são proposições.

É importante ressaltar que Rodrigues (2015) utilizou uma padronização de classificação semelhante à adotada por essa pesquisa, porém sem empregar a classificação nomeada como ‘regras parcialmente verificáveis’. Outro fato relevante é que o estudo deste autor ocorreu através da análise das normas e dos templates do SMC, e não chegou efetivamente a parametrizar e testar as regras que foram classificadas como ‘verificáveis pelo SMC’. O fato de não realizar estas etapas pode afetar os resultados, uma vez que a confirmação dessa classificação só é atingida após a efetiva parametrização no software e o teste da regra em um caso verídico.

Mainardi Neto (2016), também realizou um estudo semelhante, que avaliou as diretrizes para o desenvolvimento de projetos de arquitetura de estações metroviárias da Companhia do Metropolitano de São Paulo, no ano de 2013. Em relação a classificação adotada, ele nomeou de “regras subjetivas”, o que o Rodrigues (2015) e a presente pesquisa denominaram como “regras que não são proposições”. Mainardi Neto (2016), ainda propôs um segundo nível de classificação buscando detalhar melhor o que seriam as regras classificadas como “subjetivas” conforme quadro 16.

Quadro 16 – Classificação de regras subjetivas

Classe	Descrição
D	Dúbia: regra que apesar de certa clareza, podendo haver informações numéricas, permite chegar a mais de um entendimento.
I	Indireta: regra indicando o atendimento a Leis, Normas e Diretrizes pertencentes a outros documentos.
Z	Ineficaz: a regra não está descrita de forma clara, objetiva ou com informações suficientes, portanto deve ser reescrita.
V	Visual: esta regra não tem valores definidos pela própria natureza da regra, sendo assim a análise deve ser realizada visualmente.
C	Composta: regra composta de outras regras com classificações diferentes, sendo necessária a separação desta em outras regras.
G	Gráfica: regra indica a necessidade de representação gráfica em desenhos, portanto não há como verificar no modelo.
O	Outras regras: esta regra necessita de informações não existentes no modelo analisado, ou pertencem a outros modelos.

Fonte: Mainardi Neto, 2016

Apesar dessa proposta ser mais detalhada do que a classificação utilizada por essa pesquisa e por Rodrigues (2015) optou-se em não adota-la nesse trabalho uma vez que encontrou-se dificuldades em aplica-la em vários requisitos da NBR 15575. Uma única regra poderia ter interpretações diferentes e se enquadrar em mais de uma classificação simultaneamente. Um exemplo disso é apresentado no quadro 17.

Quadro 17 – Exemplo de regra subjetiva

<p>Caderno 3 - 9.3 - Requisito - Segurança no contato direto</p> <p>Critério - Arestas contundentes - A superfícies dos sistemas de piso não podem apresentar arestas contundentes</p> <p>Método de avaliação - Análise de projeto</p>
--

Fonte: NBR 15.575 – 2013 , caderno 3, p 17

Essa regra poderia ser classificada como V (visual) uma vez que poderia ser possível identificar visualmente as arestas que poderiam ser contundentes. Poderia também ter uma classificação D (dúbia) já que apesar de apresentar uma certa clareza permite chegar a mais de um entendimento do que seria uma aresta contundente. Por fim, ela também poderia ser classificada como Z (Ineficaz) uma

vez que ela não está escrita de forma clara objetiva ou com informações suficientes uma vez que não está claro o que é uma aresta contundente.

Os resultados da pesquisa de Mainardi Neto (2016) mostraram que dos 236 requisitos de projeto, 48 % foram classificados como subjetivos (corresponde a não são proposições), 22% verificáveis pelo SMC, 11% não verificáveis pelo SMC, 4% precisaria desenvolver APIs e 15% de visualmente verificáveis pelo Solibri. Uma observação relevante é que não ficou evidente se todas as regras foram efetivamente parametrizadas no software. Existe, tão somente, a demonstração de alguns exemplos da parametrização das regras.

Os resultados compilados dos estudos dos autores Mainardi Neto (2016), Rodrigues (2015) e da presente pesquisa são demonstrados na Tabela 06 abaixo.

Tabela 06– Compilação dos resultados das classificações das normas.

Norma	Autor da Pesquisa	% regras que não são proposições	% regras verificáveis pelo SMC	% regras não verificáveis pelo SMC	% regras parcialmente verificáveis pelo SMC	% regras verificáveis com uso de APIs
ISSO/FDIS-21542 - Accessibility and Usability of the Built Environment - International	Rodrigues (2015)	33%	19%	49%	–	–
Standars for Accessible Design 2010 - USA	Rodrigues (2015)	11,7%	24,7%	63,6%	–	–
Building Regulations 2010 - Access to and Use of Buildings - UK	Rodrigues (2015)	13%	38%	49%	–	–
Diretrizes para o desenvolvimento de projetos de arquitetura de estações metroviárias da Companhia do Metropolitano de São Paulo de 2010	Mainardi Neto (2016)	48%	22%	26%	–	4%
Norma de Desempenho - NBR 15.575-2013	Andrade e Silva (2017)	42%	14%	25%	19%	–

Fonte: O Autor

Apesar do universo restrito de normas analisadas e, portanto, os resultados não podem ser generalizados, pode-se observar que o percentual de regras verificáveis pelo SMC ainda é relativamente baixo (14% a 38%), e também que, todas as normas possuem um percentual de regras que não são proposições com uma representatividade significativa, que alcançou a ordem de até 48% em um dos casos. Tal fato pode ser considerado como um indicador de que essa subjetividade pode ser uma característica comum às normas, e o percentual delas influenciará diretamente no percentual de regras verificáveis. A norma de desempenho

apresentou elevado percentual neste estudo, com 42% de regras que não são proposições. Vale lembrar, que a NBR 15575 é uma amostra significativa das normas brasileiras, e a avaliação da aplicabilidade de verificações automatizadas é relevante para avaliar as demais.

4.2 Resultados da Parametrização das Regras no SMC

Do universo de 26 requisitos da NBR 15.575, 25 foram parametrizados, e 01, com caráter de duplicidade, foi descartado. É o requisito 7.3.2.2 que está em duplicidade com o 7.3.2.2, ambos do caderno 5. Dos 24 requisitos parametrizados 10 estão classificados como verificáveis e 15 como parcialmente verificáveis, conforme a classificação apresentada na seção o tópico 3.2.

A verificação dos 25 requisitos não ocorreu de maneira direta, sendo necessárias 94 regras do SMC para realizar a verificação desses. Ou seja, um número 3,5 vezes maior do que o número de requisitos. Esse número sobe para 4,5 vezes se selecionados apenas o universo de requisitos classificados como verificáveis, e com expurgo do total, os requisitos parcialmente verificáveis. Isso ocorre pelo fato de dentro de um mesmo requisito existirem múltiplas exigências e muitos requisitos que não se encaixam perfeitamente em um único template do SMC, o que demanda o uso de outros para completar a verificação. Além disso, é necessário realizar combinações que englobem todas as possibilidades. Somado a isso, ainda surge a necessidade das regras preliminares para garantir que os modelos contenham os requisitos mínimos para realizar a verificação das regras principais. Aproximadamente 32% das regras parametrizadas são preliminares e 68% são principais. Ou seja, é representativa a fatia de regras necessárias para apoiar as principais. Esse cenário pode variar em função do conteúdo de cada requisito, porém, apesar do universo restrito dessa pesquisa, é possível afirmar que a proporção do número de regras do SMC será maior do que o número de requisitos a serem verificados.

Observados os resultados, constatou-se também que foram usados apenas 22,5% dos tipos de templates disponíveis na versão 9.6 do SMC, sendo que 83% das regras utilizaram apenas 3 tipos de templates diferentes.

Em relação ao grau de complexidade das regras, segundo a classificação proposta por Solihin e Eastman (2015), 60,3% obtiveram classificação 01 (um), 36,2% classificação 2 (dois) e 3,2 % classificação 3 (três). As Tabelas 07 e 08 detalham esses dados.

Tabela 07 – Templates utilizados nas parametrizações das regras.

Template	Número de regras		Total	%
	Preliminares	Principais		
11	30	4	34	36,2
230	0	20	20	21,3
203	0	24	24	25,5
222	0	4	4	4,3
225	0	1	1	1,1
19	0	3	3	3,2
220	0	2	2	2,1
209	0	1	1	1,1
1	0	1	1	1,1
231	0	2	2	2,1
23	0	1	1	1,1
information take off	0	1	1	1,1
	30	64	94	

Fonte: O Autor

Tabela 08 – Classificação das regras segundo Solihin; Eastman (2015) e número de templates utilizados nas parametrizações das regras.

Classificação Eastman	Número de regras	Número do template e o número de utilizações em ()							
		1	57	11 (34)	203 (22)	231 (1)			
2	34	222 (4)	220 (2)	19 (3)	230 (20)	203 (2)	231 (1)	225 (1)	1(1)
3	3	information take off (1)	209 (1)	23 (1)					

Fonte: O Autor

Após aplicação da classificação proposta por Solihin e Eastman (2015), que possui 03 níveis de complexidades para as regras, partindo do mais simples para a mais complexa em ordem crescente, constatou-se que a classificação do tipo 01 (um), foi a mais utilizada em 57 das 94 regras estudadas. Conforme aumenta o grau de dificuldade da regra, são necessários mais tipos de templates, isso ocorre porque as regras complexas começam a ficar mais específicas. Fato constatado nos resultados de classificação 2, que tiveram 34 regras, usando 8 tipos de templates, e na classificação 3, com 3 regras e 3 tipos de templates.

Por meio dos resultados acima descritos, é possível perceber que, dentro das limitações do universo dessa pesquisa, esses dados mostram um retrato do SMC no que diz respeito aos aspectos de flexibilidade e restrições. Assim, identifica-se alta flexibilidade para as regras mais simples, onde os templates se adaptam a muitas situações, mas conforme o grau de dificuldade aumenta, as limitações do software são evidenciadas. Conforme as regras complexas começam a exigir templates muito específicos, e o programa não permite que o usuário crie novos modelos, e nesta situação, somente o fabricante do software possui as funcionalidades necessárias.

Outro dado importante, refere-se a organização e a transparência das informações do processo de parametrização. A quantidade de regras do SMC que derivam de um único requisito ressalta a necessidade da organização de todas as regras, de maneira clara e sistêmica. Neste aspecto, é notória a utilidade da ferramenta proposta no item 3.3. Ao registrar todos os passos: a) a transcrição dos requisitos; b) a localização dos mesmos na norma; c) o questionário para esclarecer os pontos dúbios, d) a identificação do que cada regra irá verificar incluindo a identificação do que é regra principal e preliminar, e) o que o modelo deve conter, f) os templates adotados, g) o registro das telas configuradas no Solibri; a ferramenta cumpre essa função. Ela foi útil não só durante o processo de construção das regras como nas revisões das mesmas. Durante a fase de testes, com a utilização do modelo de apoio, se faz necessário adequações, seja nas regras, ou na troca de templates, ou na inclusão de regras preliminares, ou no esclarecimento das premissas, etc.... O registro de todos os passos na ferramenta possibilitou um entendimento rápido e sistêmico de onde precisava ser ajustado facilitando esse trabalho.

A ferramenta utilizada também será útil para o usuário final. Ele poderá entender claramente o que cada regra verifica, com rastreabilidade de todo o processo, o que permitirá a ele alterar e modificar alguma premissa ou interpretação que ele não concorde com a que foi adotada. Tal situação confere a necessária confiabilidade para essa aplicação.

A Tabela 09 contém a ferramenta proposta com o registro completo de todas as regras que foram parametrizadas. Para fins didáticos, ela será apresentada em partes utilizando um dos requisitos como exemplo.

A primeira parte da tabela 09 é apresentada no quadro 18. Nesse, foi registrado a transcrição do requisito, a localização dele na norma e a classificação do mesmo conforme os critérios da seção 3.2. Na sequência, é evidenciado a aplicação do questionário conforme recomendado Solihin e Eastman (2015). Esse se mostrou aderente e útil para o processo de entendimento dos requisitos para a tradução das regras para SMC. Vários pontos foram esclarecidos, como dúvidas na nomenclatura utilizada e informações que estavam implícitas. Para responder as perguntas do questionário, foi necessário recorrer também a outras normas, pois diversas informações e conceitos não estavam contidas no texto da norma. Nesse exemplo, existia uma dúvida no significado do termo “zona bioclimática”. A definição não estava contida em nenhum dos cadernos que compõem a NBR 15.575. Foi necessário recorrer a NBR12.220-1, que contém a definição. Além disso, o questionário contribuiu para esclarecer as situações interpretativas deixando claro o que foi considerado como: a) o termo “abertura de ventilação” que foi adotado como o percentual de área livre da janela para ventilação desconsiderando a área do perfil da janela; b) o termo “área de piso” foi considerado a área do ambiente que se encontra a janela que será verificada; c) termo “ambiente de permanência prolongada” que é definido no corpo da norma como sala e quartos.

Vale ressaltar que o domínio do conteúdo abordado pela norma foi fundamental para realizar essa interpretação, o que confirmou a necessidade de um especialista de conteúdo para este fim.

Quadro 18 – Exemplo de aplicação da ferramenta proposta - parte 1 (retirado da tabela 09)

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário	
				pergunta	resposta
2	<p>Desempenho Térmico Requisito - Aberturas para ventilação. Critério - Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam a legislação do local da obra incluindo códigos de obras, códigos sanitários e outros. Quando não houver requisito de ordem legal para o local de implantação da obra devem ser indicados os valores adotados na tabela 15 - área mínima de ventilação e dormitórios e sala de estar. Para zona bioclimática 1 a 7: $A > 7\%$ da área de piso. Para zona bioclimática 8: $A > 12\%$ para região norte do Brasil e $A > 8\%$ região nordeste e sudeste do Brasil.</p>	Caderno 4, item 11.3.1, pág. 27 e 28	Verificação completa	Existe dúvida na nomenclatura utilizada pela norma?	Sim. 1-A terminologia "Zona Bioclimática". De acordo com a NBR 12.220-1, significa Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano Brasileiro divididas de acordo com a NBR 15220.
				Existe algum elemento subjetivo?	não
				Existe alguma definição ou informação oculta?	Sim. 1 O termo "Abertura para ventilação". Foi considerado % da área da janela livre para ventilação após aberta. A espessura do perfil da janela foi desconsiderada. Ex: Janela 2 folhas de correr a área da de ventilação é 50% da área da janela. 2- "Área de piso". Foi adotado área do piso do espaço onde se encontra a janela. Ex: Área de piso do quarto será a janela do quarto a ser verificada. 3-Ambiente de permanência prolongada. Foi considerado dormitórios e sala conforme indicação na tabela 15.

Fonte: Autor

A segunda parte da tabela 09 é apresentada pelo quadro 19. Nesse ponto é apresentado a tradução da regra para a linguagem do SMC e os requisitos mínimos que o modelo deve conter. É importante destacar que essa tradução não se trata de uma compilação para uma linguagem de programação e sim uma ordenação lógica e clara do que o conjunto de regras terá que verificar. Nesse momento, já é utilizado os termos adotados pelo software, com por exemplo "espaços"¹¹, bem como a nomenclatura dos sistemas de classificação da informação.

¹¹ Nome adotado pelo SMC para os ambientes delimitados e identificados pelos softwares modeladores. No caso do Revit os espaços são delimitados e identificados pela funcionalidade "rooms".







Quadro 19 – Exemplo de aplicação da ferramenta proposta - parte 2 (retirado da tabela 09)

Tradução para linguagem do SMC	Requisitos mínimos do modelo	
	Nível LOD	Descrição do requisito p/ SMC
<p>A regra deverá:</p> <p>1- Verificar se o modelo contém espaços e janelas e se todos estão classificados conforme a classificação "Espaços Arquitetura" e "Componentes".</p> <p>2- Verificar se os espaços classificados como quartos e salas contêm portas e/ou janelas.</p> <p>3- Verificar se a abertura de ventilação das esquadrias contidas nos espaços classificados como sala e quartos são maiores do que a 7% da área do piso desses ambientes para zona bioclimática 1 a 7, 12% para zona 8 norte do Brasil e 8% para zona 8 norte e nordeste do Brasil. A regra fará a verificação automática para todas as zonas.</p> <p>Obs: A regra verificará apenas os parâmetros trazidos pela norma e não abordará códigos de obras e códigos sanitários.</p>	300	O modelo deve conter janelas e portas. Esses itens precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os espaços devem estar identificados.

Fonte: Autor

Por fim, o quadro 20 apresenta a última parte da tabela 09. Nesse ponto, são registradas as regras preliminares e as principais identificando para cada regra: os templates que foram utilizados; a classificação do grau de complexidade segundo a metodologia proposta por Solinin; Eastman (2015); a descrição do que será verificado; e em "construção" o passo a passo para realizar a configuração no SMC. No formato eletrônico da tabela 09, é possível utilizar um link do Excel, incluído em cada regra, que irá transportar para a imagem da tela do software configurada.

Quadro 20 – Exemplo de aplicação da ferramenta proposta - parte 3 (retirado da tabela 09)

regras preliminares		regras principais	
template SMC no regra	Descrição da construção	template SMC no regra	Descrição da Construção
SOL 11 regra 2.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos os espaços estão classificados pela classificação "Espaços Arquitetura". Construção: Em "required classification" foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all components must be classified e incluído o item spaces em required components.	SOL 19 regra 2.3 Classif. Eastman 2 	Regra: Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 1 a 7. A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Então os 7% equivale a 14%. Construção: Em "classification" foi selecionado a classificação "Espaços arquitetura", em "Minimum ratio" foi inserido 14% e "ignored spaces" foram inseridos todos os espaços dessa classificação que não serão verificados.
SOL 11 regra 2.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém janelas. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes" Construção: Em "required classification" foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all components must be classified e incluído o item "window" em "required components".	SOL 19 regra 2.4 Classif. Eastman 2 	Regra: Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 8 situadas na região Norte do Brasil A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Então os 8% equivale a 16%. Construção: Em "classification" foi selecionado a classificação "Espaços arquitetura", em "Minimum ratio" foi inserido 16% e "ignored spaces" foram inseridos todos os espaços dessa classificação que não serão verificados.
SOL 11 regra 2.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém janelas. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes" Construção: Em "required classification" foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all components must be classified e incluído o item "window" em "required components".	SOL 19 regra 2.5 Classif. Eastman 2 	Regra: Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 8 situadas na região Norte do Brasil A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Então os 12% equivalem a 24%. Construção: Em "classification" foi selecionado a classificação "Espaços arquitetura", em "Minimum ratio" foi inserido 24% e "ignored spaces" foram inseridos todos os espaços dessa classificação que não serão verificados.












Fonte: Autor









Na sequência desse exemplo, é apresentado a tabela 09 contendo a ferramenta proposta com o registro completo de todas as regras que foram parametrizadas.









TABELA 04 - Registro das verificações automáticas na ferramenta proposta













n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Descrição requisitos mínimos do modelo p/ SMC	regras preliminares		regras principais		
				pergunta	resposta			template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da construção	template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da Construção	
1	<p>Desempenho Luminico Requisito - Iluminação Natural Comunicação com o exterior - Recomenda-se que a iluminação natural das salas de estar e dormitórios seja providas de vãos de portas ou janelas. No caso de janelas, recomenda-se que a cota do peitoril esteja posicionada no máximo a 100 cm do piso interno, e a cota de testeira do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme figura 1</p>	Caderno 1, item 13.2.6, pág. 29	Verificação completa	Existe dúvida na nomenclatura utilizada pela norma?	Sim. O termo "exterior". Foi considerado como exterior o ambiente externo a edificação.	<p>A regra deverá:</p> <p>1- Verificar se existem espaços classificados como salas e dormitórios.</p> <p>2- Verificar se esses espaços contêm portas ou janelas com o exterior.</p> <p>3- Verificar se a distância da face inferior da janelas (espaços quarto e sala) com exterior em relação ao piso é <= a 1m.</p> <p>4- Verificar se a distância da face superior da janela (espaços quarto e sala) com o exterior em relação ao piso é <= a 2,2m. Por limitação do SMC não é possível medir a distância do topo da janela ao piso. A alternativa será verificar a altura inferior e a altura da janela. Somadas elas não poderão ser maior do que 2,20m.</p>	<p>O modelo deve conter os pisos, lajes, janelas e portas. Esses itens precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os espaços devem estar identificados.</p>	SOL 11 Regra 1.1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura".</p> <p>Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item spaces em required components.</p>	SOL 230 regra 1.3	<p>Regra: Verifica se os espaços classificados como sala e quartos possuem portas e ou janelas voltadas para o exterior.</p> <p>Construção: Em "components to check" foi incluído os espaços classificados como quarto casal, quarto solteiro e em "requeriments" incluídos portas e janelas classificadas como "exterior".</p>	
				Existe algum elemento subjetivo?	não			SOL 11 Regra 1.2		SOL 222 Regra 1.4		<p>Regra: Verifica se a distância entre parte inferior da janela (espaços sala e quarto) e da parte superior do piso é de no máximo 1m.</p> <p>Construção: Foi marcada a opção "Check Máximo distance" e inserido o valor de 1m. Marcado a opção "below" indicando que a distância será a vertical em relação ao elemento inferior. Inserido os componentes janelas (sala e quarto) e lajes como elementos que serão verificados.</p>
				Existe alguma definição ou informação oculta?	não			Classif. Eastman 1		SOL 230 regra 1.5 Classif. Eastman 2		
2	<p>Desempenho Térmico Requisito - Aberturas para ventilação. Critério - Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam a legislação do local da obra incluindo códigos de obras, códigos sanitários e outros. Quando não houver requisito de ordem legal para o local de implantação da obra devem ser indicados os valores adotados na tabela 15 - área mínima de ventilação e dormitórios e sala de estar. Para zona bioclimática 1 a 7: A>7% da área de piso. Para zona bioclimática 8: A>12% para região norte do Brasil e A>8% região nordeste e sudeste do Brasil.</p>	Caderno 4, item 11.3.1, pág. 27 e 28	Verificação completa	Existe dúvida na nomenclatura utilizada pela norma?	Sim. 1-A terminologia "Zona Bioclimática". Significa região com características climáticas semelhantes do território Brasileiro divididas de acordo com a NBR 15220.	<p>A regra deverá:</p> <p>1- Verificar se o modelo contem espaços e janelas e se todos estão classificados conforme a classificação "Espaços Arquitetura" e "Componentes".</p> <p>2- Verificar se os espaços classificados como quartos e salas contêm portas e/ou janelas.</p> <p>3- Verificar se a abertura de ventilação das esquadrias contidas nos espaços classificados como sala e quartos são maiores do que a 7% da área do piso desses ambientes para zona bioclimática 1 a 7, 12% para zona 8 norte do Brasil e 8% para zona 8 norte e nordeste do Brasil. A regra fará a verificação automática para todas as zonas.</p> <p>Obs: A regra verificar apenas os parâmetros trazidos pela norma e não abordará códigos de obras e códigos sanitários.</p>	<p>O modelo deve conter janelas e portas. Esses itens precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os espaços devem estar identificados.</p>	SOL 11 regra 2.1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos os espaços estão classificados pela classificação "Espaços Arquitetura".</p> <p>Construção: Em "required classification" foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item spaces em required components.</p>	SOL 19 regra 2.3	<p>Regra: Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 1 a 7. A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Então os 7% equivale a 14%.</p> <p>Construção: Em "classification" foi selecionado a classificação "Espaços arquitetura", em "Minimum ratio" foi inserido 14% e "ignored spaces" foram inseridos todos os espaços dessa classificação que não serão verificados.</p>	
				Existe algum elemento subjetivo?	não			Classif. Eastman 1		SOL 19 regra 2.4		<p>Regra: Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 8 situadas na região Norte do Brasil A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Então os 8% equivalem a 16%.</p> <p>Construção: Em "classification" foi selecionado a classificação "Espaços arquitetura", em "Minimum ratio" foi inserido 16% e "ignored spaces" foram inseridos todos os espaços dessa classificação que não serão verificados.</p>
				Existe alguma definição ou informação oculta?	Sim. 1 O termo "Abertura para ventilação". Foi considerado % da área da janela livre para ventilação após aberta. A espessura do perfil da janela foi desconsiderada. Ex: Janela 2 folhas de correr a área da de ventilação é 50% da área da janela. 2- "Área de piso". Foi adotado área do piso do espaço onde se encontra a janela. Ex: Área de piso do quarto indo a janela do quarto esta sendo verificada. 3-Ambiente de permanência prolongada. Foi considerado dormitórios e sala conforme indicação na tabela 15.			SOL 11 regra 2.2		Classif. Eastman 1		
3	<p>Desempenho: Funcionalidade e Acessibilidade Requisito - Altura mínima de pé direito Critério - Altura mínima de pé direito - A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m. Em vestíbulos, halls, corredores, instalações sanitárias e despensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,30 m. Nos tetos com vigas, inclinados, abobadados ou, em geral contendo superfícies salientes na altura piso a piso e/ou pé direito mínimo deve ser mantido pelo menos 80% da superfície do teto, permitindo na superfície restante que o pé direito possa descer até o mínimo de 2,30m</p>	Caderno 1, item 16.1.1, pág. 35	Verificação parcial.	Existe dúvida na nomenclatura utilizada pela norma?	Sim. O termo "pé-direito". Foi considerado a distância do piso de um andar até o teto desse mesmo andar.	<p>A regra deverá:</p> <p>1- verificar se o modelo contem espaços, lajes, forros e vigas e se todos estão classificados conforme a classificação "Espaços Arquitetura" e "Componentes".</p> <p>2- A regra deverá verificar a distancia mínima de 2,5m do topo do piso ao fundo da laje ou forro ou do fundo de vigas. A mesma verificação deve ser feita para o pé direito mínimo de 2,3m já que por limitações do SMC não é possível fazer a verificação diferenciando os espaços de cozinha, área de serviço, lavabo e vestiário do restante. Porém, no relatório de problemas encontrados depois de aplicar a regra aparece o nome do espaço que não atendeu a regra.</p> <p>Verificação manual: O SMC não consegue verificar a parte do requisito que identifica o percentual de até 80% de vigas ou superfícies inclinadas.</p>	<p>O modelo deve conter os pisos, lajes e forros. Esses itens precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.</p>	SOL 11 regra 3.1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura".</p> <p>Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item spaces em required components.</p>	SOL 220 regra 3.3	<p>Regra: Verifica a distancia mínima de 2,50m entre o topo e fundo de laje, forros e vigas.</p> <p>Construção: Em "check componentes" foi incluído a verificação em qualquer disciplina e qualquer elemento da classificação "Componentes". Foi marcado a opção "check distancia top to boton". O valor mínimo foi de 2,50m. Como valor máximo foi arbitrado 10m, pois não é objetivo dessa verificação.</p>	
				Existe algum elemento subjetivo?	Sim. "Instalações sanitárias". Será considerado banheiro, cozinha, área de serviço, lavabo, vestiário.			SOL 11 regra 3.2		SOL 220 regra 3.4		<p>Regra: Verifica a distancia mínima de 2,50m entre o topo e fundo de laje, forros e vigas.</p> <p>Construção: Em "check componentes" foi incluído a verificação em qualquer disciplina e qualquer elemento da classificação "Componentes". Foi marcado a opção "check distancia top to boton". O valor mínimo foi de 2,50m. Como valor máximo foi arbitrado 10m, pois não é objetivo dessa verificação.</p>
				Existe alguma definição ou informação oculta?	não			Classif. Eastman 1		<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém lajes, forros e vigas. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".</p> <p>Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens slab, suspended ceiling e beam em required components.</p>		

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Descrição requisitos mínimos do modelo p/ SMC	regras preliminares		regras principais	
				pergunta	resposta			template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da construção	template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da Construção
4	<p>Desempenho: Funcionalidade e Acessibilidade</p> <p>Requisito - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação</p> <p>Critério - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação - Para os projetos de arquitetura de unidades habitacionais, sugere-se prever no mínimo a disponibilidade de espaço nos cômodos da edificação habitacional para colocação e utilização dos móveis e equipamentos padrão listados no anexo F.</p> <p><u>Tabela F1 - Moveis e equipamentos (resumo ambiente e mobiliário mínimo)</u></p> <p>quarto casal - cama casal + guarda roupa + criado mudo quarto solteiro - 02 camas solteiro + guarda roupa + criado mudo sala estar/jantar - sofá 2 ou 3 lug. + estante TV + poltrona + mesa 4 lug. cozinha - fogão + geladeira + pia banho - vaso + box + lavatório área serviço - tanque + máquina de lavar</p> <p><u>Tabela F2 - dimensões mínimas mobiliário e circulação</u></p> <p>sofá 3 lug - 1,7 x 0,7 sofá 2 lug - 1,2 x 0,7</p> <p>Numero de assentos mínimo dos sofás é determinado pela quantidade de habitantes por unidade considerando o numero de leitos.</p> <p>poltrona 0,5 x 0,4 Estante/armário tv - 0,8 x 0,5 mesa quadrada 4 lug - 1 x 1 mesa quadrada 6 lug - 1,2 x 1,2 mesa retangular 4 lug - 1,2 x 0,8 mesa retangular 6 lug - 1,5 x 0,8 pia - 1,2 x 0,5 fogão - 0,55 x 0,60 geladeira - 0,7 x 0,7 cama casal - 1,4 x 1,9 cama solteiro - 0,8 x 1,9 criado mudo - 0,5 x 0,5 guarda roupa - 1,6 x 0,5 lavatório - 0,39 x 0,29 vaso sanitário - 0,6 x 0,6 box - 0,8 x 0,8 tanque - 0,52 x 0,53 máquina de lavar - 0,6 x 0,65 Largura mínima da sala - 2,40m Largura mínima cozinha - 1,5m Largura mínima banheiro - 1,1m Espaço mínimo livre p/ circulação: frente do sofá - 50cm frente da pia, fogão e geladeira - 0,85m entre as camas - 60cm a partir da borda da mesa - 0,75m</p>	Caderno 1 16.2.1 Pág 35, 67 a 70	Verificação completa.	Existe alguma definição informação oculta?	Sim. "Numero de leitos". A cama de casal foi considerado leito para duas pessoas.	<p>A regra deverá:</p> <p>1- Verificar se o modelo contem espaços e mobiliário e se todos estão classificados conforme a classificação "Espaços Arquitetura" e "Componentes".</p> <p>2- Se o modelo contém espaços classificados como Banheiro, cozinha, Área de Serviço, Sala, Quarto de casal e quarto de solteiro.</p> <p>3- Verificar o mobiliário mínimo necessário para cada espaço de acordo com a tabela F1 desse requisito.</p> <p>4- Verificar as dimensões mínimas do mobiliário classificado como cama de solteiro, cama de casal, guarda roupa, geladeira, fogão, pia, tanque, máquina de lavar, vaso sanitário, sofá de 2 e 3 lugares, mesa retangular 4 e 6 lugares de acordo com a tabela F2 desse requisito.</p> <p>5- Verificar a largura mínima dos ambientes classificados como sala, cozinha e banheiro.</p>	O modelo deve conter os pisos, lajes, paredes, mobiliário e equipamentos. Esses itens precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os espaços devem estar identificados.	SOL 11 regra 4.1 Classif. Eastman 1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura". 3 - Se existem classificações de banheiro, Cozinha, Área de Serviço, sala, quarto casal e quarto solteiro.</p> <p>Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item spaces em required components com os nomes banheiro, Cozinha, Área de Serviço, sala, quarto casal e quarto solteiro.</p>	SOL 225 regra 4.3 Classif. Eastman 2	<p>Regra: Verifica o mobiliário mínimo necessário para os espaços classificados como quarto de casal, quarto de solteiro, sala, cozinha, banheiro e área de serviço de acordo com a tabela F1 da norma.</p> <p>Construção: Em "space classification" foi selecionado a classificação "espaço arquitetura" e em "components classification" foi selecionado a classificação "componentes". Em "required number of componentes" foi inserido o nome dos espaços de acordo com a classificação "espaços arquitetura", a quantidade mínima de cada mobiliário necessária para cada espaço.</p>
				Existe algum item subjetivo?	não					SOL 230 regras 4.4.1 a 4.14 Classif. Eastman 2	<p>Regra: Verifica as dimensões mínimas da cama de solteiro, cama de casal, guarda roupa, geladeira, fogão, pia, tanque, máquina de lavar, vaso sanitário, sofá de 2 e 3 lugares, mesa retangular 4 e 6 lugares.</p> <p>Construção: Em cada regra foi inserido em "components to check" todas as mobílias listadas acima classificadas de acordo com a classificação "componentes" e em requeriments selecionados as propriedades "bouding box leght" e "bouding box width" com operador maior igual as dimensões mínimas de cada uma dessas mobílias.</p>
				Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	não					SOL 230 regra 4.5.1 a 4.5.3 Classif. Eastman 2	<p>Regra: Verifica a largura mínima espaços. Sala mínimo de 2,40m, cozinha mínimo de 1,5m e banheiro mínimo de 1,10m.</p> <p>Construção: Em cada regra foi inserido em "components to check" todos os espaços listados acima classificadas de acordo com a classificação "espaços arquitetura" e em requeriments selecionado a propriedade "bouding box width" com operador maior igual as dimensões mínimas de cada uma desses espaços.</p>
5	<p>Desempenho: Segurança no Uso e Operação</p> <p>Requisito - Manutenção e operação</p> <p>Premissas de projeto da cobertura - O projeto deve estabelecer: a) uso de dispositivos ancorados na estrutura principal, de forma a possibilitar o engate de cordas, cintos de segurança e outros equipamentos de proteção individual, para declividades superiores a 30%. b) os meios de acesso para realização de manutenção</p>	Caderno 5 item 9.2.3.2 pág 20	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa verificação parcial apontará se alguma parte do telhado possui inclinações superiores a 30% e se existem ganchos de ancoragem presentes no modelo. O restante da verificação será feita manualmente pelo usuário.	O modelo deve conter os telhados. Para identificação dos ganchos de ancoragem os mesmos devem estar modelados. Ambos os itens precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 4.2 Classif. Eastman 1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém mobiliário. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".</p> <p>Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens furniture, object e flow terminal em required components.</p>	SOL 209 regra 4.6 Classif. Eastman 3	<p>Regra: Verifica o espaço livre na frente dos componentes classificados como pia, fogão, geladeira, vaso sanitário, maquina de lavar, sofá 3 lug, estante e espaço livre no contorno da mesas de 4 lug.</p> <p>Construção: Em "space classification name" foi inserido o nome da cada espaço e em "requeriment" os componentes que serão classificados. Em "choose requeriments" foi marcado a opção "free space on side" e inserido cada componente e o espaço mínimo de circulação de cada um.</p>
				Existe algum item subjetivo?	não					SOL 222 regra 4.7 Classif. Eastman 2	<p>Regra: Verifica a distância mínima entre as camas de solteiro de 0,6m.</p> <p>Construção: Foi marcada a opção "Check Minimum distance" e inserido o valor de 0,6m. Marcado a opção "Alongside" indicando que a distância em horizontal em planta. Inserido os componentes cama solteiro como elementos que serão verificados.</p>
				Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. "Dispositivos". Foi considerado como dispositivos os ganchos de ancoragem para amarração das cordas e cintos.					SOL 203 regra 5.2 Classif. Eastman 2	<p>Regra: Verifica se existe alguma parte do telhado com inclinação superior a 30%</p> <p>Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como roof e em "property sets" selecionado a propriedade slope e em operação inserido a condição menor do que 0.3.</p>
6	<p>Desempenho: Segurança no Uso e Operação</p> <p>Requisito - Segurança na circulação</p> <p>Premissas de projeto - O projeto deve recomendar cuidados específicos para camadas de acabamentos de sistemas de pisos aplicadas em escadas ou rampas (acima de 5% de inclinação) e nas áreas comuns.</p>	Caderno 3 item 9.2.1.2 pág. 17	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa verificação parcial apontará; 1- Se existe algum piso ou rampa com inclinações superiores a 5%. O restante da verificação terá que ser realizada manualmente uma vez que a norma é subjetiva não informando quais são os cuidados específicos no projeto que o projeto deve conter.	O modelo deve conter os pisos e lajes. Esses itens precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 6.1 Classif. Eastman 1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém pisos e rampas. 2- Verifica esse componente está classificado pela classificação "Componentes".</p> <p>Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "slabs" e "ramp" em required components.</p>	SOL 203 regra 6.2 Classif. Eastman 2	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém pisos e rampas com inclinações superiores a 5%.</p> <p>Construção: Em "check components" foi incluído "slab" e "ramp" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "slab" e "ramp" e em "property sets" selecionado a propriedade slope e em operação inserido a condição menor do que 0.05. Foi inserido uma mensagem de aviso que aparece antes de rodar a regra. "Se forem identificados rampas ou pisos com inclinações superiores a 5% o projeto deve conter recomendações e cuidados específicos para a camada de acabamento desses elementos."</p>
				Existe algum item subjetivo?	Sim. "Cuidados específicos". A norma não especifica quais são esses cuidados.						
				Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. "Sistemas de piso". Conjunto de componentes do piso que compõe esse sistema.						

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Descrição requisitos mínimos do modelo p/ SMC	regras preliminares		regras principais			
				pergunta	resposta			template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da construção	template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da Construção		
7	Desempenho: Durabilidade Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e do sistema que o compõem Critério - Vida Útil de projeto - O projeto deve especificar o valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na tabela 7, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham a durabilidade potencial compatível com a (VUP) a serem considerados nos projetos elaborados a partir da exigibilidade desta parte da ABNT NBR 15575. Tabela C7 - VUP mínima (resumo) pilares, vigas, lajes - 50 anos muros divisórios - 20 anos escadas externas - 20 anos paredes vedação externa - 40 anos paredes internas - 20 anos guarda-corpos - 20 anos estrutura cobertura - 20 anos telhamento - 13 anos calhas - 13 anos rufos - 8 anos revestimento interno aderido - 13 anos revestimento interno não aderido - 8 anos revestimento fachada - 20 anos piso externo - 13 anos pintura interna - 3 anos pintura externa - 8 anos impermeabilização manutível sem quebra de revestimento - 4 anos impermeabilização manutível somente com quebra de revestimento - 20 anos esquadrias externas - 20 anos portas internas - 8 anos janelas internas - 8 anos portas externas - 13 anos portas corta-fogo - 13 anos fechaduras alisares - 4 anos	Caderno 1, item 14.2.1, pág. 31 e anexo C, tab. C6	Verificação completa.	Existe alguma definição informação oculta?	não	A regra deverá: 1- Verificar se o modelo contém telhado, vigas, pilares, portas, escadas, paredes, muros de divisa, guarda corpo, rufos, calhas, alisares, fechaduras e revestimentos de piso e parede. 2- Verificar se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". 3- Verificar se todos esses componentes possuem o parâmetro de vida útil. 4- Verificar se esses parâmetros são iguais ou superiores ao mínimo exigido pela norma.	O modelo deve conter telhado, vigas, pilares, portas, escadas, paredes, muros de divisa, guarda corpo, rufos, calhas, alisares, fechaduras e revestimentos de piso e parede. Esses componentes precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os elementos de revestimento devem estar modelados separadamente da parede.	SOL 11 regra 7.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado, vigas, pilares, portas, escadas, paredes, muros de divisa, guarda corpo, rufos, calhas, alisares, fechaduras e revestimentos de piso e parede. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens "roof", "bean", "column", "Door", "stair", "Wall", "slabs", "flow segment - calha", "wall - guarda corpo", "wall - muro de divisa", "object - rufos", "object - alisar", "object - fechadura", "bean - estrutura telhado", "wall - reboco externo", "wall - gesso" em required components.	SOL 203 regra 7.2	Regra: 1- Verifica se os componentes do modelo possuem o parâmetro vida útil e se ele é maior ou igual ao mínimo estabelecido pela norma. Os componentes verificados foram: janela, telhado, parede externa, escadas, portas externas e corta fogo, calhas, vigas, pilares, rufos e revestimento cerâmico de piso. Construção: Em "check components" foi incluído os componentes que serão verificados e em property sets" selecionado a propriedade vida útil "must exist" e maior ou igual a mínimo da norma para cada componente.		
				Existe algum item subjetivo?	não					Sim. 1- "Revestimento interno não aderido". Foi considerado pisos em laminados de madeira e vinílico. 2- "Revestimento interno aderido". Foi considerado para os pisos revestimento cerâmico e para as paredes gesso ou reboco interno.		SOL 203 regra 7.3 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se os componentes do modelo possuem o parâmetro vida útil e se ele é maior ou igual ao mínimo estabelecido pela norma. Os componentes verificados foram: parede interna, muro de divisa, guarda corpo, reboco externo, portas internas, alisar, fechadura, estrutura do telhado e revestimento laminado de piso. Construção: Em "check components" foi incluído os componentes que serão verificados e em property sets" selecionado a propriedade vida útil "must exist" e maior ou igual a mínimo da norma para cada componente.
				Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?									
Existe alguma definição informação oculta?	não	Sim. "Sistemas de cobertura" foi considerado como componentes desse sistema telhado, calha e rufo.	O modelo deve conter telhado e calhas e esse devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 203 regra 8.2 Classif. Eastman 1 	Regra: Verifica se os componentes tubulações, conexões, bombas, válvulas, registros, redutores possuem o parâmetro prazo de substituição. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como "pipe", "Pipe fitting", "pump", "valve", "object - bomba" e em "property sets" selecionado as propriedades prazo de substituição.								
Existe algum item subjetivo?	não					Essa regra deverá: 1- Verifica se o modelo contém telhado, calhas, rufos. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "componentes". 3- Verifica e esses componentes apresentam o parâmetro de prazo de substituição. 4- Verifica e esses componentes apresentam o parâmetro de operações de manutenção periódica.	O modelo deve conter telhado e calhas e esse devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 203 regra 8.3 Classif. Eastman 1 	Regra: Verifica se os componentes tubulações, conexões, bombas, válvulas, registros, redutores possuem o parâmetro operações de manutenção periódica. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como "pipe", "Pipe fitting", "pump", "valve", "object - bomba" e em "property sets" selecionado as propriedades operações de manutenção periódica.				
Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?		Sim. "Sistemas de cobertura" foi considerado como componentes desse sistema telhado, calha e rufo.	O modelo deve conter telhado e calhas e esse devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 203 regra 9.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado, calha e rufo. 2- Verifica esses componentes estão classificado pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "roof", "object - rufo" e "flow segment - calha" em required components.								
Existe alguma definição informação oculta?	não					Sim. "Componentes". São os elementos que compõem o sistema de vedação vertical. Para efeito dessa verificação foi considerado reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura.	O modelo deve conter paredes, e seus revestimentos. Esses componentes precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os elementos de revestimento devem estar modelados separadamente da parede.	SOL 203 regra 9.2 Classif. Eastman 1 	Regra: Verifica se os componentes telhado, calha e rufo possuem o parâmetro prazo de substituição. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como "roof", "object - rufo", "flow segment - calha" e em "property sets" selecionado as propriedades prazo de substituição.				
Existe algum item subjetivo?	não	Essa regra deverá: 1- Verifica se o modelo contém os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "componentes". 3- Verifica se esses componentes apresentam o parâmetro de prazo de substituição. 4- Verifica e esses componentes apresentam o parâmetro prazo de manutenção.	O modelo deve conter paredes, e seus revestimentos. Esses componentes precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os elementos de revestimento devem estar modelados separadamente da parede.	SOL 203 regra 9.3 Classif. Eastman 1 	Regra: Verifica se os componentes telhado, calha e rufo possuem o parâmetro operações de manutenção periódicas. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como "roof", "object - rufo", "flow segment - calha" e em "property sets" selecionado as propriedades operações de manutenção periódicas.								
Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?						Sim. A sigla "SVVIE". Significa sistema de vedação vertical interna e externa.	O modelo deve conter paredes, e seus revestimentos. Esses componentes precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os elementos de revestimento devem estar modelados separadamente da parede.	SOL 11 regra 10.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura. 2- Verifica esse componente está classificado pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "wall - reboco externo", "wall - reboco interno", "wall - gesso", "wall - pintura" e "wall - cerâmica paredes" em required components.				
Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa regra deverá: 1- Verifica se o modelo contém os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "componentes". 3- Verifica se esses componentes apresentam o parâmetro de prazo de substituição. 4- Verifica e esses componentes apresentam o parâmetro prazo de manutenção.	O modelo deve conter paredes, e seus revestimentos. Esses componentes precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os elementos de revestimento devem estar modelados separadamente da parede.	SOL 203 regra 10.2 Classif. Eastman 1 	Regra: Verifica se os componentes os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura possuem o parâmetro prazo de substituição e prazo de manutenção. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como "wall - reboco externo", "wall - reboco interno", "wall - gesso", "wall - pintura" e "wall - cerâmica paredes" selecionado as propriedades prazo de substituição e prazo de manutenção.								
Existe algum item subjetivo?	não					Essa regra deverá: 1- Verifica se o modelo contém os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "componentes". 3- Verifica se esses componentes apresentam o parâmetro de prazo de substituição. 4- Verifica e esses componentes apresentam o parâmetro prazo de manutenção.	O modelo deve conter paredes, e seus revestimentos. Esses componentes precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os elementos de revestimento devem estar modelados separadamente da parede.	SOL 203 regra 10.2 Classif. Eastman 1 	Regra: Verifica se os componentes os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura possuem o parâmetro prazo de substituição e prazo de manutenção. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como "wall - reboco externo", "wall - reboco interno", "wall - gesso", "wall - pintura" e "wall - cerâmica paredes" selecionado as propriedades prazo de substituição e prazo de manutenção.				
Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?		Essa regra deverá: 1- Verifica se o modelo contém os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "componentes". 3- Verifica se esses componentes apresentam o parâmetro de prazo de substituição. 4- Verifica e esses componentes apresentam o parâmetro prazo de manutenção.	O modelo deve conter paredes, e seus revestimentos. Esses componentes precisam estar classificados de acordo com a classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os elementos de revestimento devem estar modelados separadamente da parede.	SOL 203 regra 10.2 Classif. Eastman 1 	Regra: Verifica se os componentes os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura possuem o parâmetro prazo de substituição e prazo de manutenção. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como "wall - reboco externo", "wall - reboco interno", "wall - gesso", "wall - pintura" e "wall - cerâmica paredes" selecionado as propriedades prazo de substituição e prazo de manutenção.								

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Descrição requisitos mínimos do modelo p/ SMC	regras preliminares		regras principais	
				pergunta	resposta			template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da construção	template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da Construção
11	Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Resistência mecânica dos sistemas hidrosanitários e das instalações - Resistir as solicitações mecânicas durante o uso. Método de avaliação - Verificar em projeto nos pontos de transição entre elementos (paredes x piso,pared x pilar e outros), a existência de dispositivos que assegurem a não transição de esforços para as tubulações.	Caderno 6 item 7.1.3.1 pág. 7	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta? Existe algum item subjetivo? Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	não sim." Dispositivos que assegurem a não transição de esforços". A norma não especifica quais os são esses dispositivos. Sim. "Pontos de transição". Foi considerado pontos de intercessão.	Essa verificação parcial mostrará todos os pontos de interseção entre tubulações com paredes, vigas e pilares. A regra auxiliará a usuário mostrando onde ele deve ter esse cuidado. Devido a subjetividade da norma não será possível checar a existência desses dispositivos.	O modelo deve conter os pisos, lajes, pilares, vigas, tubulações e conexões. Os elementos devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 11.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém vigas, pilares, lajes, paredes, tubulações e suas conexões. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "slabs", "column", "pipe", "pipe fitting", "wall" e "beam" em required components.	SOL 1 regra 11.2 Classif. Eastman 2 	Regra: 1- Verifica os pontos de interseção entre tubulações e suas conexões com paredes, vigas e pilares. Construção: Em "components 1" inseridos os elementos "Column", "beam", "slabs" e "wall" e em "coponents 2" inseridos "pipe" e "pipe fitting".
12	Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas. Premissas de projeto - O projeto deve mencionar a função estrutural ou não dos SVVI(internas) ou SVVE (externa), indicando as normas brasileiras aplicáveis para sistemas com função estrutural ou sem função estrutural	Caderno 4 item 7.2.3.4 pág. 8	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta? Existe algum item subjetivo? Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	não não Sim. 1-As siglas "SVVI e SVVE". Significam sistema de vedação vertical interno e externo compostos de paredes internas e externas respectivamente. 2-Função estrutural. Significa função de resistir as cargas atuantes na edificação.	Essa verificação parcial identificará se as paredes possuem o parâmetro de função estrutural classificando as paredes em estruturais e não estruturais. A parte do requisito de indicar as normas aplicáveis não é possível ser conferida pelo SMC.	O modelo deve conter paredes. Elas devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 12.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém paredes. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "walls" em required components.	SOL 203 regra 12.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém paredes com a propriedade função estrutural classificando as paredes em estrutural e não estrutural. Construção: Em "check components" foi incluído "walls" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "walls". Em property sets" selecionado a propriedade função estrutural must exist.
13	Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas nos sistemas de vedações internas e externas Premissas de projeto - O projeto deve indicar as cargas de uso. O projeto deve indicar os dispositivos e sistemas de fixação, incluindo detalhes típicos. O projeto deve estabelecer as cargas de uso ou de serviço a serem aplicadas para cada situação específica, os dispositivos ou sistemas de fixação previstos e os locais permitidos para fixação de peças suspensas, se houver restrições, devendo mencionar também as recomendações e limitações de uso. Havendo limitações quanto ao tipo de mão francesa, o fornecedor deve informa-las e fazer constar em 3.2 nos seus catálogos.	Caderno 4 item 7.3.3.1 pág. 9	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta? Existe algum item subjetivo? Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	não não Sim. "Cargas de uso". Foi considerado como a carga que a parede deve suportar transmitida por sistemas de fixação que serão aplicadas durante a utilização normal da habitação. Ex: Carga aplicada por um suporte de Tv.	Essa verificação parcial identificará se as paredes possuem o parâmetro de carga máxima de uso para peças suspensas. O restante da verificação desse requisito será feita manualmente já que o SMC não fará essa verificação por limitação do mesmo.	O modelo deve conter paredes. Elas devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 13.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém paredes. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "walls" em required components.	SOL 203 regra 13.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém paredes com a propriedade carga máxima de uso para peças suspensas. Construção: Em "check components" foi incluído "walls" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "walls". Em property sets" selecionado a propriedade carga máxima de uso para peças suspensas must exist.
14	Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações de montagem ou manutenção - Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos na fase de montagem ou de manutenção da cobertura Premissa de projeto - Os projetos devem: a)indicar a vida útil de projeto b)Incluir memória de calculo b) relacionar as normas brasileiras, estrangeiras ou internacionais adotadas	Caderno 5 item 7.2.1.2 pág. 10	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta? Existe algum item subjetivo? Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	não não Sim. A parte desse requisito da exigência da vida útil de projeto da cobertura se sobrepõe com o requisito 14.2.1 do caderno 1, porém de maneira incompleta, pois faltou informar qual o valor mínimo para esse parâmetro que é 13 anos. Sim. "Cobertura". Foi considerado como o componente telhado.	Essa verificação parcial identificará se o telhado possui o parâmetro de vida útil e se ele não é inferior a 13 anos. O restante da verificação desse requisito será feita manualmente já que o SMC não fará essa verificação por limitação do mesmo.	O modelo deve conter telhado. Esse devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 14.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "roof" em required components.	SOL 203 regra 14.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado com a propriedade vida útil. Construção: Em "check components" foi incluído "roof" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "roof". Em property sets" selecionado a propriedade vida útil "must exist" e maior ou igual a 13.
15	Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações em forro - Possibilitar a fixação de luminárias e outras cargas de ocupação. Premissa de projeto - O projeto do forro deve indicar a carga máxima a ser suportada pelo elemento ou componente forro, bem como as disposições construtivas e sistemas de fixação dos elementos ou componentes atendendo as normas brasileiras.	Caderno 5 item 7.4.3 pág. 13	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta? Existe algum item subjetivo? Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	não Sim. "Disposições construtivas e sistemas de fixação." A norma não especifica quais seriam essas disposições e nem quais são esses sistemas de fixação. não	Essa verificação parcial identificará se os forros possuem o parâmetro de carga máxima a ser suportada. Devido a subjetividade da norma não será possível checar a existência dessas disposições construtivas e sistemas de fixação.	O modelo deve conter forros. Eles devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 15.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém forros. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "suspended ceiling" em required components.	SOL 203 regra 15.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém forros com a propriedade carga máxima de uso para peças suspensas. Construção: Em "check components" foi incluído "suspended ceiling" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "suspended ceiling". Em property sets" selecionado a propriedade carga máxima a ser suportada must exist.

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Descrição requisitos mínimos do modelo p/ SMC	regras preliminares		regras principais	
				pergunta	resposta			template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da construção	template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da Construção
16	<p>Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações dinâmicas hidrosanitários - Não provocar golpes e vibrações que impliquem risco a estabilidade estrutural. Critério - sobrepensão máxima quando da parada de bombas de recalque. Método de avaliação - Verificar a menção no projeto da velocidade do fluxo prevista. O projeto pode estabelecer acima de 10 m/s, desde que previsto dispositivos redutores.</p>	Caderno 6 item 7.2.3.1 pág. 8	Verificação completa.	<p>Existe alguma definição informação oculta?</p> <p>Existe algum item subjetivo?</p> <p>Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?</p>	<p>não</p> <p>não</p> <p>não</p>	A regra verificará se as bombas de recalque possuem a propriedade velocidade de fluxo e se essa é menor ou igual a 10m/s. A regra verificará também se existem redutores de pressão no sistema de alimentação de água.	O modelo deve conter bombas de recalque e redutores. Eles devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	<p>SOL 11 regra 16.1</p> <p>Classif. Eastman 1</p> 	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém bombas e redutores de pressão. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "object - H bomba" e "object - H redutor de pressão" em required components.</p>	<p>SOL 203 regra 16.2</p> <p>Classif. Eastman 1</p> 	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém bombas com a propriedade velocidade de fluxo menor igual a 10 m/s. Construção: Em "check components" foi incluído "object" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "object". Em property sets selecionado a propriedade velocidade de fluxo e em operação inserido menor igual a 10.</p>
17	<p>Desempenho: Segurança contra incêndio. Requisito - Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação. Critério - Prumadas de lareiras, churrasqueiras, varandas gourmet e similares - Os dutos de exaustão de lareiras, churrasqueiras, varandas gourmet e similares devem ser integralmente compostos por materiais incombustíveis, ou seja, Classe I, conforme tabela 2, e devem ser dispostos de forma a não implicarem risco de propagação de incêndio entre pavimentos, ou no próprio pavimento onde se originam. Devem também atender somente uma lareira ou churrasqueira e/ou as conexões com prumadas coletivas</p>	Caderno 3 item 8.3.13 pág. 15	Verificação parcial.	<p>Existe alguma definição informação oculta?</p> <p>Existe algum item subjetivo?</p> <p>Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?</p>	<p>não</p> <p>Sim. "Dispostos de forma a não implicarem risco de propagação de incêndio". A norma não detalha com seria essa disposição.</p> <p>não</p>	<p>Essa verificação parcial identificará se existem espaços classificados como varanda, varanda gourmet e churrasqueira e se existem tubulações de exaustão nesses espaços. Além disso, verificará se as tubulações de exaustão possuem a propriedade de classe de combustibilidade e se esta classificado como classe 1. Devido a subjetividade da norma não será possível checar a parte do requisito que se refere a dispor de forma a não implicarem risco de propagação de incêndio. A parte do requisito que os dutos devem atender somente a uma churrasqueira não será verificada pelo SMC por limitação do mesmo.</p>		<p>SOL 11 regra 17.1</p> <p>Classif. Eastman 1</p> 	<p>Regra: 1- Essa regra verifica se o modelo contém espaços classificados como varanda, varanda gourmet e churrasqueira pela classificação "Espaços arquitetura". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens spaces em "required components" com "classification name" varanda, varanda gourmet e churrasqueira.</p>	<p>SOL 231 regra 17.3</p> <p>Classif. Eastman 2</p> 	<p>Regra: 1- Verifica se existe tubulações em varandas, varandas gourmet e churrasqueira. Construção: No item "componets tocheck" foi inserido spaces classificados como churrasqueira, varanda e varanda gourmet em "components to compare" foi selecionado "same space" e em "filter to componentes to compare" inserido "pipes".</p>
18	<p>Desempenho: Segurança contra incêndio. Requisito - Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento Premissas de projeto - O projeto deve estabelecer os indicadores de reação ao fogo dos componentes do SC e as implicações na propagação de chamas e geração de fumaça. Considerar os seguintes requisitos: a) os materiais isolantes térmicos e absorventes acústicos aplicados nas instalações de serviço, redes de dutos de ventilação e ar-condicionado, e em cabines ou salas de equipamentos, aparentes ou não, devem se enquadrar-se entre as classes I aII-A; b) componentes construtivos onde não são aplicados revestimentos e/ou acabamentos em razão de já se constituírem em produtos acabados, incluindo-se telhas, forros, face inferior de coberturas, entre outros, também são submetidos aos critérios estabelecidos; c) determinados componentes construtivos expostos ao incêndio em faces não voltadas para o ambiente ocupado, como é o caso de forros e revestimentos destacados do substrato, devem atender os critérios estabelecidos em ambas as faces; d) materiais de proteção de elementos estruturais, juntamente com seus revestimentos e acabamentos, devem atender aos critérios dos elementos construtivos onde estão inseridos, ou seja, de tetos para vigas; e) materiais empregados em subcoberturas com finalidade de estanqueidade e de desempenho térmico devem atender aos critérios de desempenho estabelecidos, aplicados aos tetos e a superfície inferior da cobertura, mesmo que escondido por forro; f) as circulações que dão acesso as saídas de emergência enclausuradas devem possuir classificação classe I ou classe II-A e as saídas de emergência (escadas, rampas etc.), Classe I ou Classe II-a, com Dm menor igual a 100.</p>	Caderno 5 item 8.2.1.2 pág. 15	Verificação parcial.	<p>Existe alguma definição informação oculta?</p> <p>Existe algum item subjetivo?</p> <p>Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?</p>	<p>Sim. A sigla "Dm" que significa densidade específica óptica máxima de fumaça.</p> <p>não</p> <p>Sim. A sigla "SC" que significa sistema de cobertura que foi considerado como telhado e os componentes do mesmo.</p>	<p>Essa verificação parcial identificará: 1- Se o telhado, forros possuem o parâmetro classe de combustibilidade e se esse é classe I ou II-A. 2- Verificará se os revestimentos de piso, teto e parede dos espaços identificados como hall e hall de escada possuem o parâmetro classe de combustibilidade e se esse é classe I ou II-A. O restante da verificação desse requisito será feita manualmente já que o SMC não fará essa verificação por limitação do mesmo.</p>	<p>telhado, forros, revestimento de piso, teto e parede do hall de escada</p>	<p>SOL 11 regra 18.1</p> <p>Classif. Eastman 1</p> 	<p>Regra:1- Verifica se o modelo contém telhado, forro e laje. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens "roof", "suspended ceiling" e "Slab" em "required components".</p>	<p>SOL 203 regra 18.2</p> <p>Classif. Eastman 1</p> 	<p>Regra: 1- Verifica se telhado e forro possuem o parâmetro de classe de combustibilidade e se esse é igual a I ou II-A. Construção: Em "check components" foi incluído "roof" e "suspended Ceiling". Em property sets selecionado o parâmetro classe de combustibilidade para ambos os componentes, selecionado "must exist" para a obrigatoriedade de existência desse parâmetro e em "value Conditions" as opções de I e II-A.</p>
									<p>SOL 11 regra 18.3</p> <p>Classif. Eastman 1</p> 	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços classificados como Hall e Hall enclausurado pela classificação "Espaços arquitetura". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens "spaces - Hall" e "spaces-Hall enclausurado" em required components.</p>	
									<p>SOL 203 regra 18.4</p> <p>Classif. Eastman 1</p> 	<p>Regra: 1- Verifica se as paredes, lajes, pisos e forros do espaço hall e hall enclausurado possuem o parâmetro de classe de combustibilidade e se esse é igual a I ou II-A. Construção: Em "check components" foi incluído "wall", "slab" e "suspended Ceiling", em "property" selecionado "nearest Space" e em "value" inserido "hall". Em property sets selecionado o parâmetro classe de combustibilidade para ambos os componentes, selecionado "must exist" para a obrigatoriedade de existência desse parâmetro e em "value Conditions" as opções de I e II-A.</p>	

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Descrição requisitos mínimos do modelo p/ SMC	regras preliminares		regras principais	
				pergunta	resposta			template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da construção	template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da Construção
19	<p>Desempenho: Segurança contra incêndio. Requisito - Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação. Critério - Escadas, elevadores e monta-cargas devem ser considerados. para efeito de desempenho de segurança ao fogo, como interrupções na continuidade dos pisos, através dos quais o fogo e a fumaça podem se propagar. Por essa razão devem ser objeto de avaliações de desempenho. As escadas devem ser enclausuradas com paredes e portas corta fogo. A resistência ao fogo das paredes deve ser no mínimo 120 min, quando a altura da edificação não superar 120 min e 180m para edifícios mais altos. As portas corta-fogo quando o hall de acesso a escada for isento de carga de incêndio, deve apresentar resistência ao fogo de no mínimo 60 min e 90 min, respectivamente, para escadas com antecâmara (duas portas empregadas) e sem antecâmara (uma porta empregada). Quando o hall de acesso não for isento de carga de incêndio, as portas devem apresentar resistência ao fogo de 120 min. As paredes que contornam os poços de elevadores e monta cargas devem representar resistência ao fogo, na categoria corta-fogo, idêntica aos sistemas de piso. As portas de elevadores e monta cargas, caso localizada em hall isento de carga de incêndio, devem apresentar resistência ao fogo, na categoria para chamas, de 30 min, no mínimo. Caso localizadas em halls não isentos de carga de incêndio, devem ser corta fogo com o tempo de resistência ao fogo idêntico ao sistema de piso.</p>	Caderno 3 8.3.15 pág. 15	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa regra parcial verificará: 1- Se o modelo contém paredes, porta corta fogo. 2- Se o modelo contem algum espaço identificado como antecâmara 3- Se as paredes possuem o parâmetro resistência ao fogo. 4- Se o parâmetro de resistência ao fogo é superior a 60 min caso o modelo não tenha ante câmara e se é superior a 90 min caso tenha a ante câmara O restante da verificação desse requisito será feita manualmente já que o SMC não fará essa verificação por limitação do mesmo.	O modelo deve conter portas e paredes. Eles devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior. Os espaços precisam estar identificados.	SOL 11 regra 19.1 Classif. Eastman 1 	Regra:1- Verifica se o modelo contém portas corta fogo e paredes. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens "door F porta corta fogo" e "Wall" em "required components".	SOL 203 regra 19.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se as paredes possuem o parâmetro de resistência ao fogo. 2- Se as portas possuem o parâmetro de resistência ao fogo e se esse é igual ou superior a 90 min. Construção: Em "check components" foi incluído "door - F porta corta fogo" e "wall". Em property sets" selecionado o parâmetro resistência ao fogo para ambos os componentes, selecionado "must exist" para a obrigatoriedade de existência desse parâmetro e para as portas incluído a condição de maior ou igual a 90 min.
				Existe algum item subjetivo?	não					SOL 11 regra 19.3 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços classificados como ante câmara pela classificação "Espaços arquitetura". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "spaces - Ante Câmara" em required components.
				Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. 1- "Escadas enclausuradas". Significa escada construída com paredes e portas a prova de fogo precedida de antecâmara. 2-"Cargas de incêndio". Significa a soma das energias caloríficas possíveis de serem liberadas pela combustão completa dos materiais.					SOL 203 regra 19.4 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se as portas possuem o parâmetro de resistência ao fogo e se esse é igual ou superior a 60 min. Construção: Em "check components" foi incluído "door - F porta corta fogo". Em property sets" selecionado o parâmetro resistência ao fogo, selecionado "must exist" para a obrigatoriedade de existência desse parâmetro e incluído a condição de maior ou igual a 60 min.
20	<p>Desempenho: Segurança contra incêndio. Requisito - Resistência ao fogo do sistema de cobertura Premissas de projeto - O projeto e o dimensionamento das estruturas devem ser realizados conforme NBR 15575-2. O projeto do SC ou das paredes da geminação deve prever componentes que prolonguem até a face inferior do telhado sem a presença de frestas, com resistência ao fogo 30 min, caso o SC não apresente essa resistência mínima ao fogo.</p>	Caderno 5 item 8.3.3 pág. 17	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa verificação parcial indicará: 1- Se o modelo contém telhado e paredes. 2- Se todos esses componentes estão classificados pela classificação "componentes". 3- Se as paredes são prolongadas até o fundo do telhado. 4- Se as paredes e o telhado possuem o parâmetro resistência ao fogo maior oi igual a 30 min. Obs: A regra não identificará qual é a parede da geminação. Fará essa verificação para todas as paredes e o usuário deverá identificar manualmente qual é a parede da geminação.	O modelo deve conter telhados e paredes. Eles devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 20.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado e paredes classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens "roof" e "wall" em "required components".	SOL 23 regra 20.2 Classif. Eastman 3 	Regra: 1- Se as paredes são prolongadas até o fundo do telhado. Construção: Em "checked components" foi incluído "roof" e em "touching components" foi incluído "wall" selecionado a opção "boton surface"
				Existe algum item subjetivo?	não					SOL 231 regra 20.3 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado e paredes com a resistência ao fogo superior a 30 min. Construção: Em "check components" foi incluído "roof" e "wall" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "roof" e "wall". Em property sets" selecionado o parâmetro resistência ao fogo "must exist" e maior ou igual a 30.
				Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. A sigla "SC" que significa sistema de cobertura que foi considerado como telhado e os componentes do mesmo. (estrutura, telhas, calha)						
21	<p>Desempenho: Acústico Requisito - Níveis de ruído permitidos na habitação Níveis de desempenho mínimo - Os valores mínimos de desempenho são indicados na tab. 17 Tab 17- Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, D2m,nT,w da vedação externa do dormitório. Classe de ruído I - D2m,nT,w - maior igual 20 Db, Classe de ruído II - D2m,nT,w - maior igual 25 Db , Classe de ruído III - D2m,nT,w - maior igual 30 Db. Os valores de referencia Rw, obtidos em ensaios de laboratório, para a orientação a fabricantes e projetistas, também constam no anexo F.</p>	Caderno 4 item 12.3.1.2 pág. 30	Verificação completa.	Existe alguma definição informação oculta?	Sim. Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa do dormitório. Trata-se do índice de isolamento acústico provido pelos elementos que compoem as paredes externas. (paredes e esquadrias)	O modelo deve conter paredes e janelas. Eles devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	SOL 11 regra 21.1 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Espaços arquitetura" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item spaces em required components.	SOL 203 regra 21.3 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém paredes com o parâmetro RW e janelas com parâmetro RW janela. Construção: Em "check components" foi incluído "window" e "wall" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "Window" e "wall". Em property sets" selecionado o parâmetro RW para os item "wall" e o parâmetro RW janela "window" e selecionado "must exist".	
				Existe algum item subjetivo?	não				SOL 11 regra 21.2 Classif. Eastman 1 	Regra: 1- Verifica se o modelo contém janelas e paredes. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens "window" e "wall" required components.	
				Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. 1- sigla "RW". Significa índice de redução sonora ponderado. 2-Sigla "Db". Significa a unidade de medida sonora decibéis.					Regra Information take of  Excel 	Regra: Verifica se o desempenho acústico RW da parede da fachada levando em consideração os elementos de parede e janela atendem os ao mínimo exigido pela norma para as diferentes classes de ruído. Essa verificação será feita para os ambientes classificados como quarto. Construção: Através do aba information take of foi construído um filtro para extrair as informações das áreas das janelas dos quartos e das paredes que as contém bem como o parâmetro acústico RW desses componentes. Posteriormente esse filtro foi exportado para um template do excel pré-configurado para fazer o restante da verificação que consiste na utilização de uma fórmula logarítmica com os dados extraídos e comparados se atende ao mínimo nas diferentes classes de ruído.

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Descrição requisitos mínimos do modelo p/ SMC	regras preliminares		regras principais	
				pergunta	resposta			template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da construção	template SMC no regra Classif. Eastman link	Descrição da Construção
22	<p>Desempenho: Estanqueidade Requisito - Estanqueidade do SC Premissas de projetos - O projeto também deve estabelecer a necessidade do atendimento da regularidade geométrica da trama da cobertura a fim de que não resulte em prejuízo a estanqueidade do SC. O projeto deve: a) mencionar as normas brasileiras dos componentes do SC B) detalhar quando requerido a presença de barreiras solar, térmica e ao vapor, detalhar a forma de aplicação e fixação da subcobertura; detalhar a sobreposição e o tamanho das emendas; detalhar acessórios C) indicar a sobreposição das peças (longitudinais e transversais) d) dimensões dos painéis e) indicar declividade dos SC face aos componentes especificados f) indicar acessórios necessários. g) materiais e detalhes construtivos dos arremates, de forma a evitar a avarias decorrentes de movimentações térmicas e assegurar a estanqueidade. h) indicar a forma de de fixação dos componentes i) indicar a ação do vento no local da edificação habitacional, e que foi considerada em projeto.</p>	Caderno 5 item 10.2.2 pág.	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa verificação parcial indicará: 1- Se o modelo contém telhado. 2- Se esse componente está classificado pela classificação "componentes". 3- Se a inclinação do telhado foi indicada. 4- Se o telhado possui o parâmetro ação do vento. Obs: Por limitação do SMC e pela subjetividade da norma o restante da verificação do requisito deve ser feita manualmente pelo usuário.	-	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado. 2- Verifica se esse componente está classificado pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "roof".</p>	SOL 203 regra 22.2 Classif. Eastman 1	<p>Regra: Verifica se o telhado possui o parâmetro inclinação (slope). Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como roof e em "property sets" selecionado a propriedade slope e "must exist".</p>	
Existe algum item subjetivo?	Sim. Os termos "acessórios necessários" não citando quais, os "materiais e detalhes construtivos dos arremates" também não detalhando quais, e o texto "de forma a evitar a avarias decorrentes de movimentações térmicas e assegurar a estanqueidade".	SOL 11 regra 22.1 Classif. Eastman 1	SOL 203 regra 22.3 Classif. Eastman 1	<p>Regra: Verifica se o telhado possui o parâmetro ação do vento. Construção: Em "check components" foi incluído roof com operador maches abrangendo todos os itens classificados como roof e em "property sets" selecionado a propriedade ação do vento e "must exist".</p>							
Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. "Trama da cobertura". Conjunto formado pelas ripas, caibros e terças que servem de suporte para as telhas.										
23	<p>Desempenho: Segurança contra incêndio. Requisito - Combate a incêndio com extintores Critério - tipo e posicionamento de extintores - Os extintores devem ser classificados e posicionados de acordo com a NBR 12693. <u>NBR 12693</u> 5.1.3 Arranjo físico (localização) 5.1.3.2 Para a instalação dos extintores portáteis, devem ser observadas as seguintes exigências: b) para extintores portáteis fixados em parede, devem ser observadas as seguintes alturas de montagem: - a posição da alça de manuseio não deve exceder 1,60 m do piso acabado; - a parte inferior deve guardar distância de, no mínimo, 0,20 m do piso acabado. Tabela 2 - Classificação dos extintores segundo o agente extintor água, espuma química, espuma mecânica, gás carbônico, pó químico à base de bicarbonato de sódio, hidrocarbonetos halogenados</p>	Caderno 6 item 8.2.1 pg 17 NBR 12693 5.1.3.2 pág. 5 tabela 2 pág. 4	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa verificação parcial indicará: 1- Se o modelo contém extintores e pisos. 2- Se esses componentes estão classificados pela classificação "componentes". 3- Se a distância entre os extintores e o topo do piso é maior ou igual a 20 cm. 4- Se a distância entre o topo dos extintores estão no máximo a 1,60 do topo do piso. Por limitação do SMC não é possível medir a distância do topo do extintor ao piso. A alternativa será verificar a distância da face inferior do extintor em relação ao piso e a altura do extintor. Somadas elas não poderão ser maior do que 1,60m. 5- Se os extintores possuem o parâmetro tipo de extintor. Obs: O restante da verificação para a seleção do tipo de extintor que deve ser escolhido deverá ser feita manualmente.	O modelo deve conter extintores e piso. Eles devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém extintores e pisos. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído os itens "object - extintor" e "slab" em "required components".</p>	SOL 222 Regra 23.2 classif. Eastman: 1	<p>Regra: Verifica se a distância entre parte inferior do extintor e da parte superior do piso é maior ou igual a 0,20 m. Construção: Foi marcada a opção "Check Minimum distance" e inserido o valor de 0,2m. Marcado a opção "below" indicando que a distância será a vertical em relação ao elemento inferior. Inserido os componentes extintor e lajes como elementos que serão verificados.</p>	
Existe algum item subjetivo?	não	SOL 222 Regra 23.3 Classif. Eastman 2	<p>Regra: Verifica se a distância entre parte inferior do extintor e da parte superior do piso é menor ou igual a 1,13 m. Construção: Foi marcada a opção "Check Máximo distance" e inserido o valor de 1,13m. Marcado a opção "below" indicando que a distância será a vertical em relação ao elemento inferior. Inserido os componentes extintor e lajes como elementos que serão verificados.</p>								
Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	não	SOL 230 regra 23.4 Classif. Eastman 2	<p>Regra: Verifica se a altura dos extintores são menores ou igual a que 47 cm. Construção: Foi inserido em "components to check" os extintores e em "requirements" e a propriedade "Height" e a condição menor do que altura de 0,47m</p>								
24	<p>Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações dinâmicas em sistemas de cobertura e em coberturas terraço acessíveis aos usuários Critério - Impacto de corpo mole em sistemas de cobertura-terraço acessíveis aos usuários. Premissa de projeto - O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para SC</p>	Caderno 5 item 7.3.1.2 pág. 12	Verificação completa.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa verificação identificará se o telhado possui o parâmetro de tipo de utilização previsto.	O modelo deve conter telhado. Esse devem estar classificados pela classificação "Componentes". Se não estiver o SMC permite fazer uma classificação posterior.	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes". Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "roof" em required components.</p>	SOL 203 regra 24.2 Classif. Eastman 1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado com a propriedade "Tipo de utilização prevista". Construção: Em "check components" foi incluído "roof" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "roof". Em property sets" selecionado a propriedade tipo de utilização prevista "must exist".</p>	
Existe algum item subjetivo?	não	SOL 11 regra 24.1 Classif. Eastman 1	SOL 203 regra 24.2 Classif. Eastman 1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém telhado com a propriedade "Tipo de utilização prevista". Construção: Em "check components" foi incluído "roof" com operador "maches" abrangendo todos os itens classificados como "roof". Em property sets" selecionado a propriedade tipo de utilização prevista "must exist".</p>							
Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. 1-A sigla "SC" que ignifica sistema de cobertura que foi considerado como telhado. 2-O termo "Corpo-mole". Trata-se de um saco de areia com peso padronizado que é utilizado para ensaiar o impacto desse corpo com uma determinada energia no sistema que é ensaiado.										
25	<p>Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Resistência mecânica dos sistemas hidrosanitários e das instalações Critério - As tubulações enterradas devem manter a sua integridade. Método de avaliação - Verificar em projeto a existência de berços e envelopamentos, ou berços ou envelopamentos consubstanciados em memória de calculo constantes em projeto ou em literatura especializada.</p>	Caderno 6 item 7.1.2.1 pg 7	Verificação parcial.	Existe alguma definição informação oculta?	não	Essa verificação parcial indicará a existência ou não de berços e ou envelopamentos. O restante da verificação será visual.	O modelo deve conter elemento modelado com o nome de berço e ou envelopamento.	-	SOL 11 regra 25.1 Classif. Eastman 1	<p>Regra: 1- Verifica se o modelo contém objetos classificados como berço, pela classificação components. Construção: No item required classification foi selecionada a classificação "Componentes" e marcado a opção all componentes must be classified e incluído o item "object" em required components e em classification name "Berço".</p>	
Existe algum item subjetivo?	não										
Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	Sim. 1-O termo "Berço". Foi considerado como berço de concreto utilizado para apoiar a tubulação no solo. 2-O termo "Envelopamento" que foi considerado como o concreto que envolve a tubulação enterrada protegendo a mesma.										

Por fim, vale destacar também que o SMC possui como limitação o fato de não processar e não produzir dados novos, ou seja apenas checa as regras pré-estabelecidas. Porém, a funcionalidade denominada “*information take off*”, que já foi abordada na revisão bibliográfica na seção 2.5.4, possibilita a extração automática de informações do modelo escolhidas pelo usuário e inseridas também automaticamente para templates do Excel com prévia configuração. Assim, essa funcionalidade pode trabalhar em conjunto com o Excel, e esse pode processar dados suprindo a citada limitação do SMC. Essa associação amplia as possibilidades de utilização do software, com evidência demonstrada na parametrização do requisito 21 dessa pesquisa (tabela 09). Esse requisito, estabelece limites mínimos para o isolamento acústico das vedações externas da edificação. A exigência é apenas para os quartos. Para realizar essa verificação, é necessário aplicar uma fórmula que calcula esse isolamento a partir de parâmetros acústicos individuais das janelas e paredes externas associados as suas respectivas áreas. Nesse exemplo, o SMC através de uma regra criada por esse trabalho, selecionou automaticamente as janelas contidas nos ambientes classificados como quartos bem como as paredes em que elas estavam inseridas criando uma tabela com dados desses componentes que são necessários para calcular o isolamento acústico do sistema da fachada (áreas das janelas e da parede de cada quarto além do parâmetro RW de cada um desses componentes). Esses dados foram exportados para um template pré-configurado no Excel que determinava para qual coluna iria cada informação importada do SMC e ainda continha todas as fórmulas e cálculos necessários para realizar a verificação do requisito da norma.⁴

4.3 Resultados da aplicação da verificação automática

Apesar da verificação ocorrer de maneira automatizada, é necessário analisar as não conformidades apontadas pelo software. Algumas delas não se tratam efetivamente de uma não conformidade de projeto. O SMC permite a análise de cada não conformidade apontada pelo software separadamente, e essas podem ser confirmadas ou desconsideradas. Todas as informações ficam documentadas em um relatório que pode ser exportado para os formatos PDF, BCF e Excel. Ou seja,

⁴ É possível realizar esse tipo de verificação, com a utilização do software Revit associado ao Excel.

apesar do software conferir todas as regras em segundos é necessário dedicar tempo para a análise das não conformidades encontradas pelo SMC. Esse tempo é o mais relevante para ser comparado com a conferência realizada pelo método manual.

Vale ressaltar que as regras parametrizadas foram capazes de verificar requisitos, ainda que pequenos ajustes na parametrização de três das regras (21, 4.4 e 18.1) tenham sido necessários. Os respectivos ajustes foram realizados e as regras funcionaram adequadamente. Assim, observa-se que, mesmo com o exaustivo emprego das regras no modelo de projeto, utilizado como apoio na construção da parametrização, houve necessidade de pequenos acertos. Tal fato demonstra a necessidade de se aplicar as regras ao maior número de projetos para que as mesmas sejam aperfeiçoadas.

Os Quadros 21 a 28 mostram os resultados das quatro etapas de verificação independentes. Nelas foram reescritas as regras criadas no Solibri seguindo a mesma numeração adotada nas tabelas da seção 4.2. Foram detalhadas também as não conformidades encontradas, inclusive com inserção da imagem da tela do SMC, além das ações tomadas a partir da análise das mesmas.

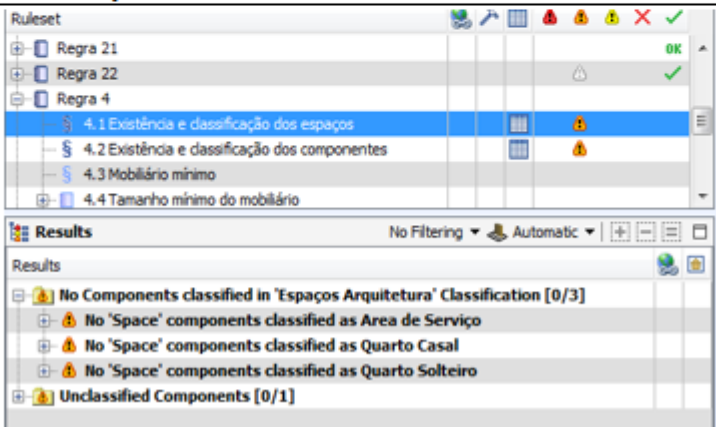
A regra principal do requisito 10 não atendeu a regra preliminar estabelecida, e por isto, não pode ser verificada e aplicada a esse modelo. A ação necessária para atender a essa regra preliminar é muito complexa e demandaria rever praticamente toda a modelagem realizada, saindo do escopo dessa pesquisa. Dessa forma ela também não pôde ser comparada com a verificação pelo método manual.

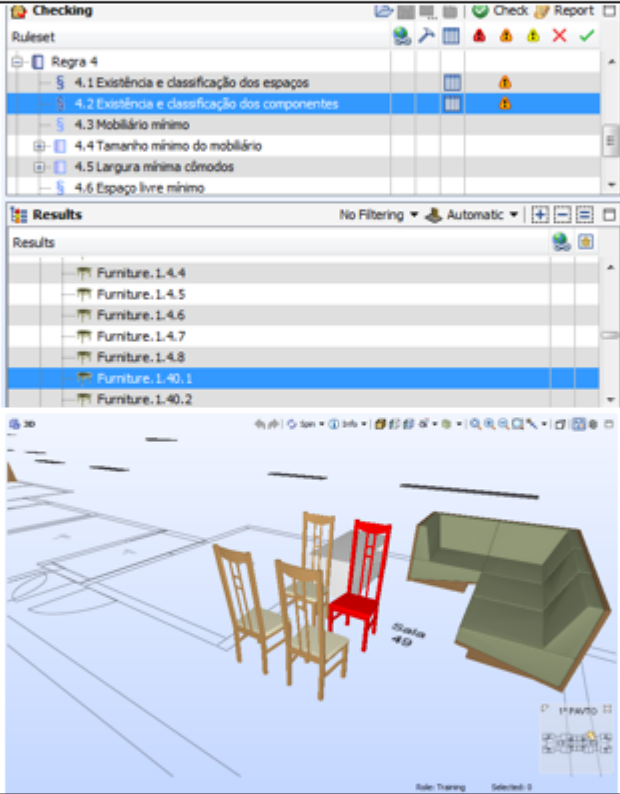
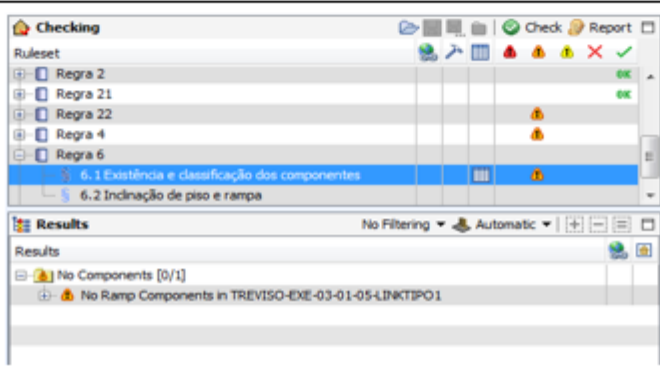
O SMC se mostrou eficiente na verificação das regras parametrizadas apontando as não conformidades encontradas em um relatório simples e com recursos de visualização em 3D dos problemas. Ao selecionar a não conformidade o software mostra o elemento não conforme no modelo destacando o mesmo em vermelho. Esse recurso facilita consideravelmente a análise dos problemas encontrados.

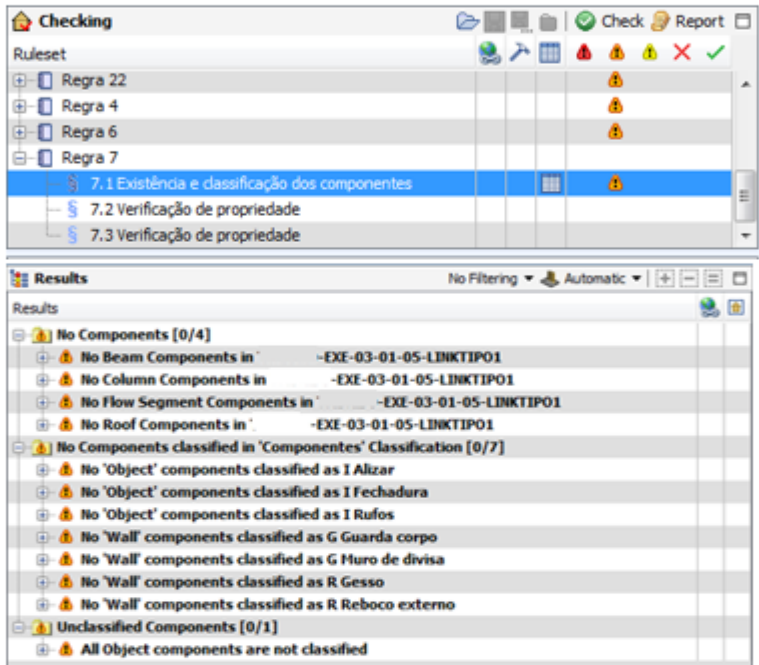
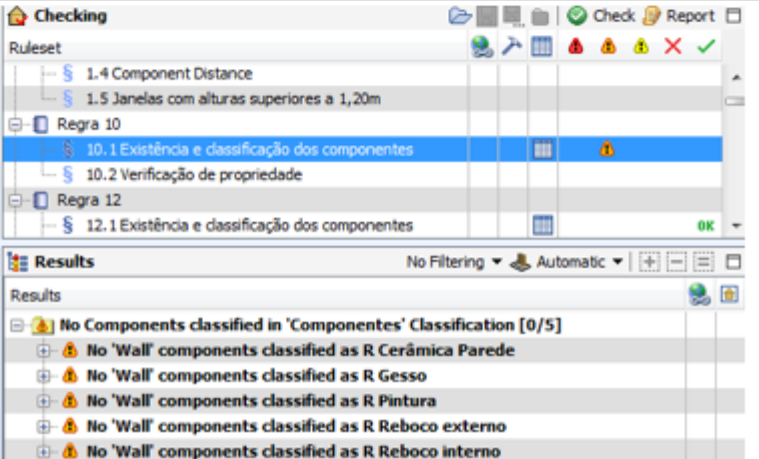
O estudo permitiu ainda identificar que, apesar das exaustivas simulações aplicadas no modelo de apoio de construção das regras, durante a avaliação ainda foram encontradas duas regras que demandaram ajustes na parametrização. Isso reforça a necessidade em se aplicar as regras ao maior número de modelos possíveis.

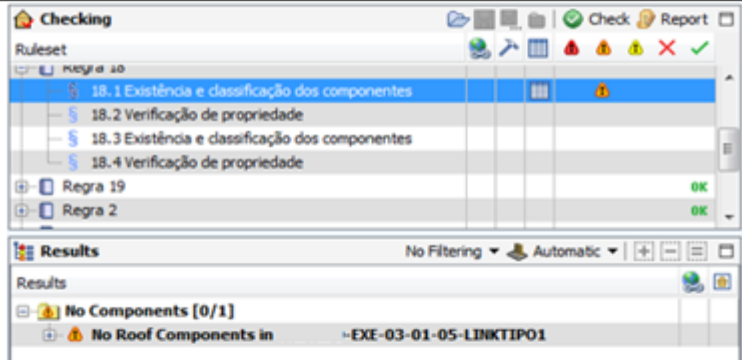
Outro ponto que é importante destacar, foi que os resultados encontrados foram úteis para a incorporadora. As não conformidades apontadas foram repassadas para os projetistas efetuarem as correções pertinentes.

Quadro 21 – Registro das verificações da etapa 1 das regras preliminares

Etapa 1 - Verificação das regras preliminares - regras - 1,2,4,6,7,10,12,13,15,18,19,21	
Regra 1.1	1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura".
Observação	Essa regra foi desativada por estar em duplicidade a regra 4.1.
Regra 1.2	1- Verifica se o modelo contém lajes, janelas e portas. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "componentes".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O modelo continha janelas, lajes e portas e todos estavam classificados de acordo com a classificação "componentes".
Regra 2.1	1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura".
Observação	Essa regra foi desativada por estar em duplicidade a regra 4.1.
Regra 2.2	1- Verifica se o modelo contém janelas. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes"
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O modelo continha janelas e todas elas estavam classificadas de acordo com a classificação "componentes".
Regra 4.1	1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura". 3 - Se existem classificações de banheiro, Cozinha, Área de Serviço, sala, quarto casal e quarto solteiro.
Não conformidade (4)	A verificação apontou a inexistência de espaços classificados como área de serviço, quarto de casal, quarto de solteiro e um espaço não estava identificado. Isso ocorreu porque no modelo a área de serviço foi incluída dentro da cozinha como o mesmos nome e todos os quartos estavam nomeados como "quartos" não diferenciando qual era o de casal e qual era de o solteiro.
Ação	Retornar para o modelador (revit) e renomear os ambientes dos quartos e realizar a separação da área de serviço da cozinha. Após essa ação, foi necessário exportar novamente para o IFC e rodar a regra novamente. Dessa vez não foram encontradas não conformidades deixando esse requisito apto para verificação das regras principais.
Tela do SMC	

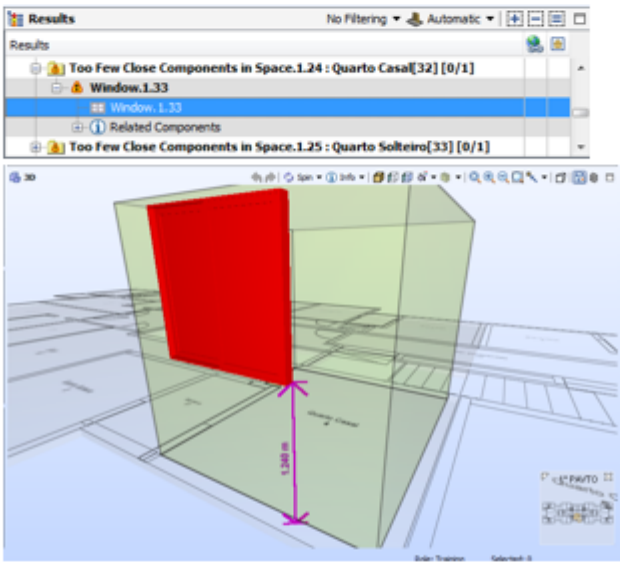
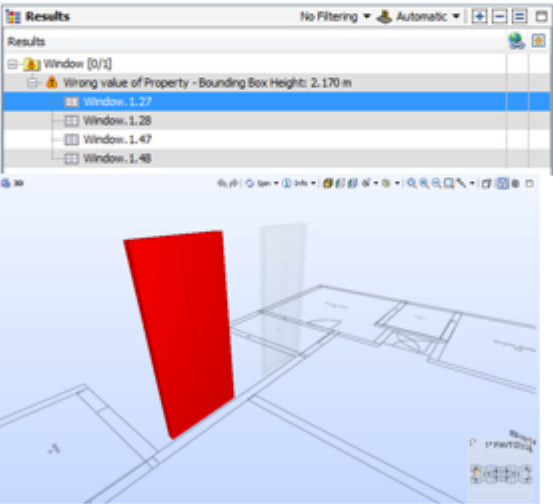
Regra 4.2	1- Verifica se o modelo contém mobiliário. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (3)	A verificação apontou que algumas peças não estavam classificadas conforme a classificação "componentes". O programa identifica isso através em a lista com os elementos não classificados e é possível visualizar cada um no modelo 3D cada um deles.
Ação	Nesse caso temos duas ações possíveis. Retornar para o modelador (revit) renomeando os itens não conformes ou ajustar a classificação "componentes" parametrizada no SMC do mobiliário que não estava classificado. Optou-se nesse caso em específico por ajustar a classificação no SMC por se tratar de poucos itens (cadeiras, mesa 4 lug e sofá). Após realizada essas ações, foi rodado a regra novamente e ambas passaram.
Tela SMC	
Regra 6.1	1-Verifica se o modelo contém pisos e rampas. 2- Verifica esse componente está classificado pela classificação "Componentes".
Não conformidade (1)	A verificação apontou a inexistência de rampas. Se as mesmas não existem não é possível medir a inclinação na regra principal (regra 6.2).
Ação	Marcar no relatório do SMC para desconsiderar essa não conformidade.
Tela SMC	

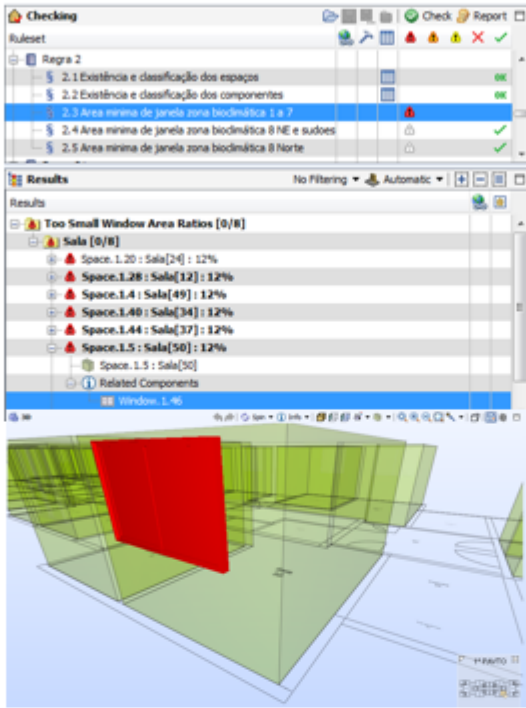
Regra 7.1	1-Verifica se o modelo contém telhado, vigas, pilares, portas, escadas, paredes, muros de divisa, guarda corpo, rufos, calhas, alisares, fechaduras e revestimentos de piso e parede. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (4)	A verificação apontou a inexistência de alguns componentes no modelo. Como eles não foram modelados não é possível verificar a existência e a conformidade do parâmetro vida útil desses componentes.
Ação	Foi avaliado a não conformidade de cada componente. A maioria não se tratava de erros de modelagem. Esses componentes não faziam parte do projeto. Por exemplo, a estrutura é alvenaria alto portante e não contém vigas e pilares e portanto não foram modelados. Para os demais itens foi marcado como não conformidade. Por exemplo, alisar das portas. Esses não foram modelados em separado.
Tela SMC	
Regra 10.1	1- Verifica se o modelo contém os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura. 2- Verifica esse componente está classificado pela classificação "Componentes".
Não conformidade (5)	A verificação apontou a inexistência de alguns componentes no modelo. Se eles não foram modelados não é possível verificar a existência e a conformidade do parâmetro vida útil desses componentes. Isso ocorreu por que os revestimentos não foram modelados em separadamente.
Ação	Confirmar a não conformidade
Tela SMC	

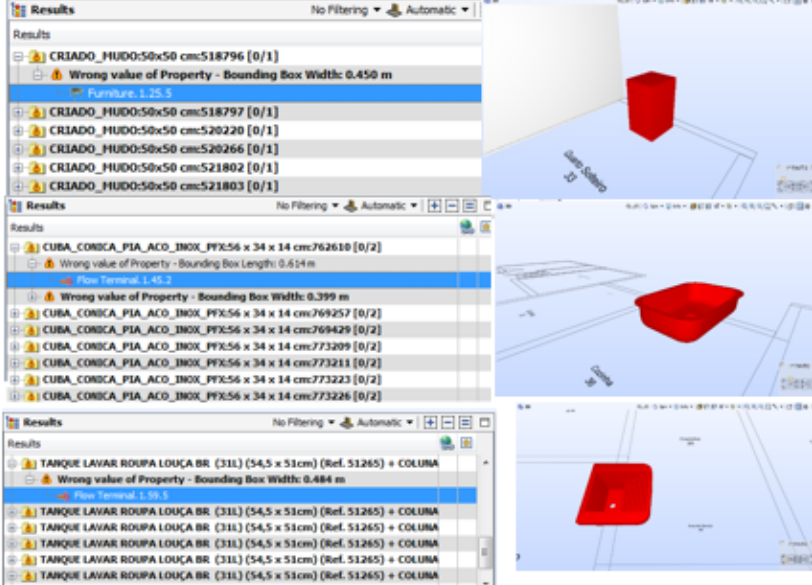
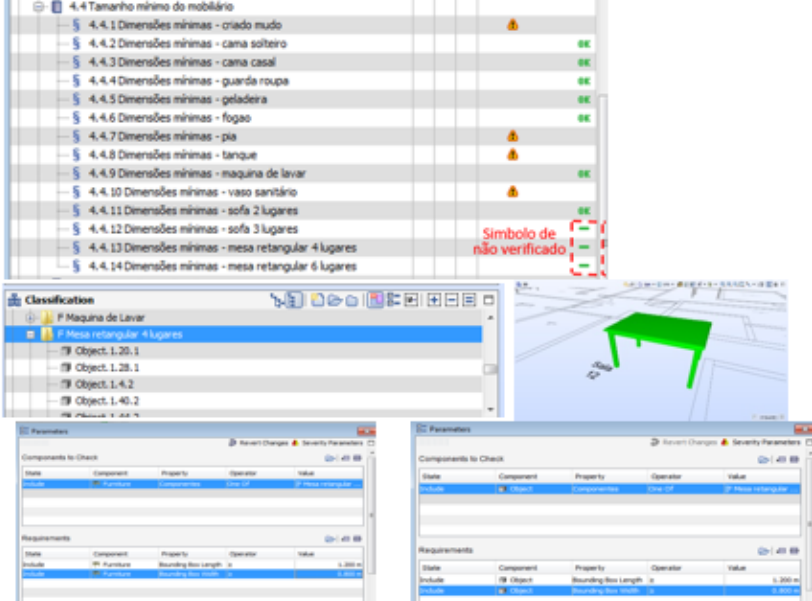
Regra 12.1	1- Verifica se o modelo contém paredes. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O modelo continha paredes e todas estavam classificados de acordo com a classificação "componentes".
Regra 15.1	1- Verifica se o modelo contém forros. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O modelo continha forros e esses estavam classificados de acordo com a classificação "componentes".
Regra 18.1	1- Verifica se o modelo contém telhado, forro e laje. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (4)	A verificação apontou a inexistência de telhado no modelo.
Ação	Desconsiderar essa não conformidade uma vez que esse arquivo não contém telhado.
Tela SMC	
Regra 19.1	1- Verifica se o modelo contém portas corta fogo e paredes. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O modelo continha portas corta fogo e paredes e esses estavam classificados de acordo com a classificação "componentes".
Regra 21.1	1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura".
Observação	Essa regra foi desativada por estar em duplicidade a regra 4.1.
Regra 21.2	1- Verifica se o modelo contém janelas e paredes. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O modelo continha janelas e paredes e todos estavam classificados de acordo com a classificação "componentes".

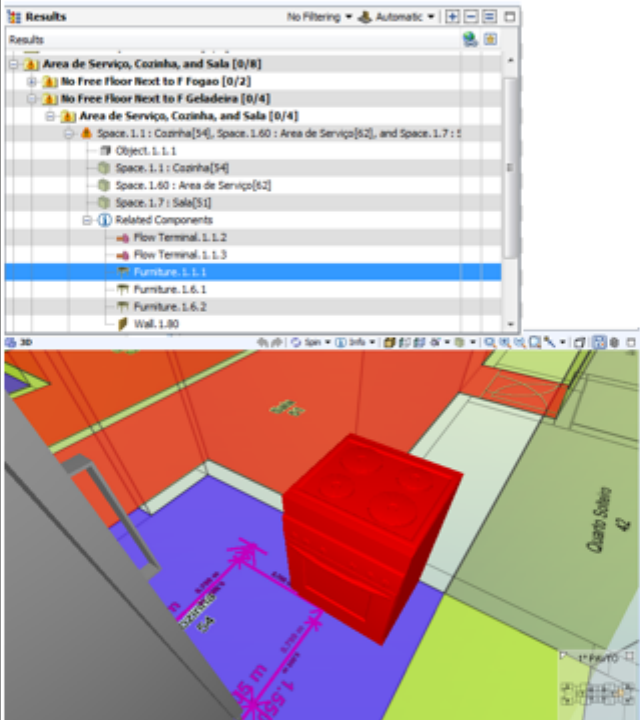
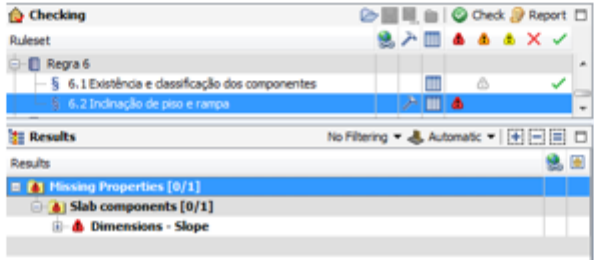
Fonte: Autor

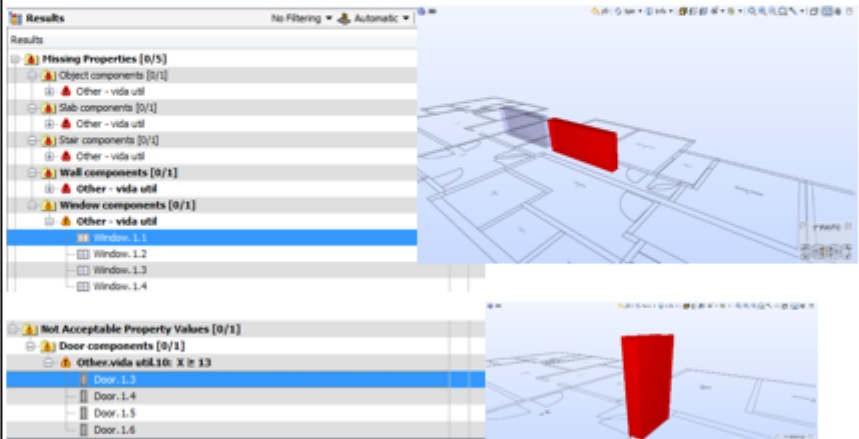
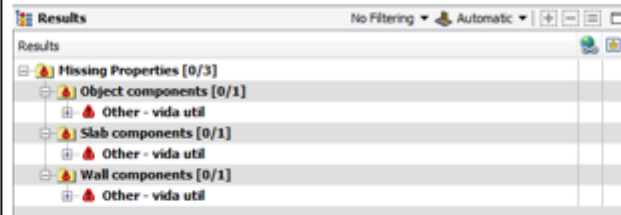
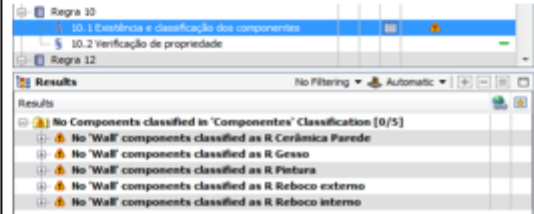
Quadro 22 – Registro das verificações da etapa 1 das regras principais

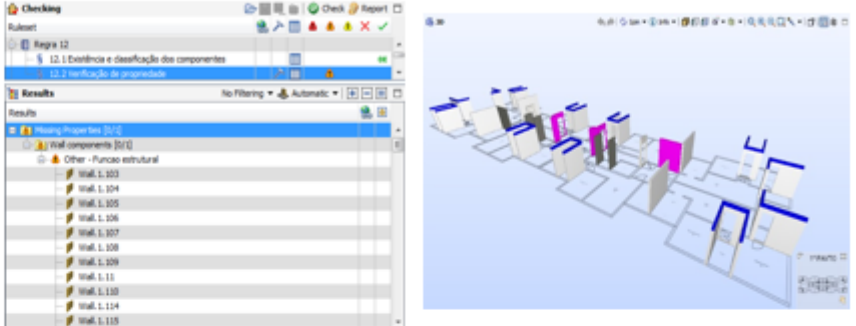
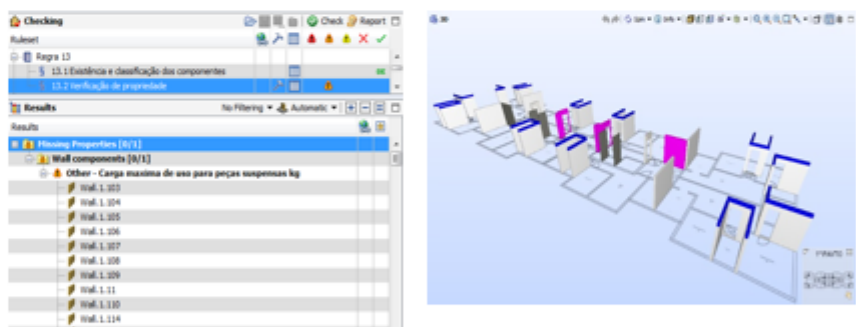
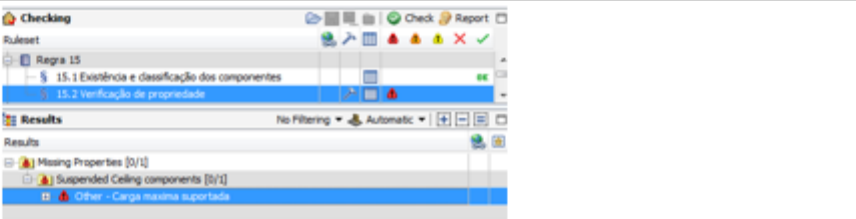
Etapa 1 - Verificação das regras principais - regras - 1,2,4,6,7,10,12,13,15,18,19,21	
Regra 1.3	Verifica se os espaços classificados como sala e quartos possuem portas e ou janelas voltadas para o exterior.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. Todos os ambientes do modelo classificados como sala e quartos continham janelas voltadas para o exterior da edificação.
Regra 1.4	Verifica se a distância entre parte inferior da janela (espaços sala e quarto) e da parte superior do piso é de no máximo 1m.
Não conformidade (20)	A verificação apontou 20 janelas onde distância entre a parte superior do piso e a inferior da janela é superou do que 1m. Essas janelas estavam localizadas em 16 quartos 04 salas.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela do SMC	
Regra 1.5	Verifica se a altura das janelas são menores do que 1,20m
Não conformidade (4)	A verificação apontou 04 janelas onde a altura era superior a 1,20m. Essas janelas se encontravam em 04 ambientes classificados como sala.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	

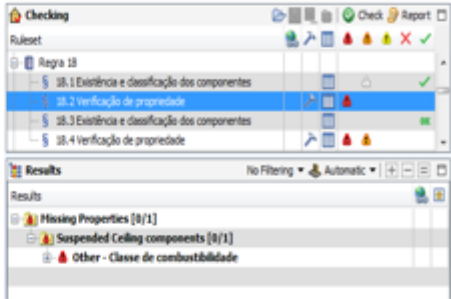
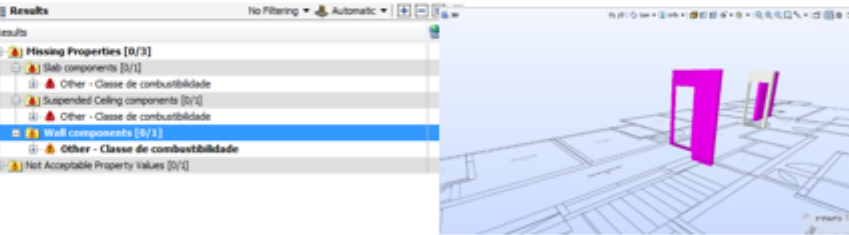
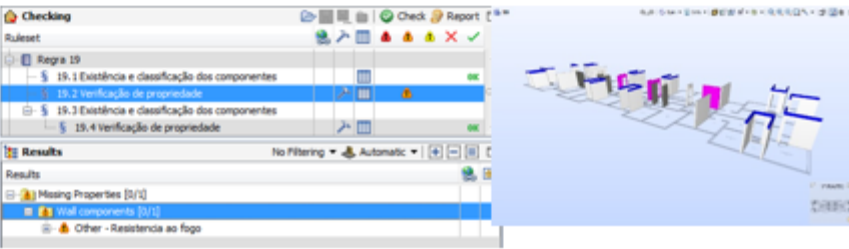
Regra 2.3	Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 1 a 7. A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Portanto os 7% equivale a 14%.
Não conformidade (8)	A verificação apontou 8 janelas não conformes. Essas se encontravam nos ambientes classificados como salas.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 2.4	Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 8 situadas na região Norte do Brasil A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Então os 8% equivale a 16%.
Não conformidade (12)	A verificação apontou 12 janelas não conformes.
Ação	Marcar no relatório do SMC para desconsiderar essas não conformidades, já que esse empreendimento se enquadra na zona bioclimática 3 e essa regra é para empreendimentos localizados na zona 8.
Regra 2.5	Verifica a área mínima de ventilação da janelas dos quartos e sala para as zonas bioclimáticas 8 situadas na região Norte do Brasil A janela considerada foi de correr com 50% de área de ventilação. Então os 12% equivalem a 24%.
Não conformidade (24)	A verificação apontou 24 janelas não conformes.
Ação	Marcar no relatório do SMC para desconsiderar essas não conformidades, já que esse empreendimento se enquadra na zona bioclimática 3 e essa regra é para empreendimentos localizados na zona 8 na região norte do país.
Regra 4.3	Verifica o mobiliário mínimo necessário para os espaços classificados como quarto de casal, quarto de solteiro, sala, cozinha, banheiro e área de serviço de acordo com a tabela F1 da norma.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. Todos os ambientes continham o mobiliário mínimo exigido de acordo com a tabela F1 da norma.

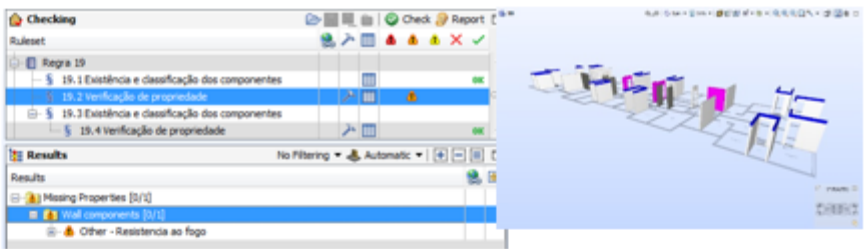
Regra 4.4	Verifica as dimensões mínimas da cama de solteiro, cama de casal, guarda roupa, geladeira, fogão, pia, tanque, máquina de lavar, vaso sanitário, sofá de 2 e 3 lugares, mesa retangular 4 e 6 lugares.
Não conformidade (16) 24-8	A verificação apontou 8 criados mudos, 8 pias, 8 tanques com dimensões não conformes.
Ação	Nas pias das cozinhas a verificação aconteceu também nas cubas das mesmas. Essas foram modeladas separadas da bancada, porém estavam classificadas como pia e por isso também tiveram suas dimensões conferidas pela regra. Para essas, foram marcadas para desconsiderar a não conformidade, já que a verificação não se aplica as cubas. As não conformidades relacionadas aos criados mudos e tanques foram confirmadas.
Tela SMC	
Observação	As regras 4.4.12 a 4.4.14 não foram verificadas pois não foram encontrados no modelo sofá de 3 lugares, mesa de 4 e de 6 lugares. Porém, o modelo continha a mesa de 4 lugares. Mas, ela foi modelada na categoria objeto e não na categoria móvel. Esse problema gerou uma necessidade de aprimorar as regras preliminares dessa verificação. Como ação corretiva a classificação dessa mesa foi revista. Assim, a verificação pode ser feita e passou sem não conformidades.
Tela SMC	

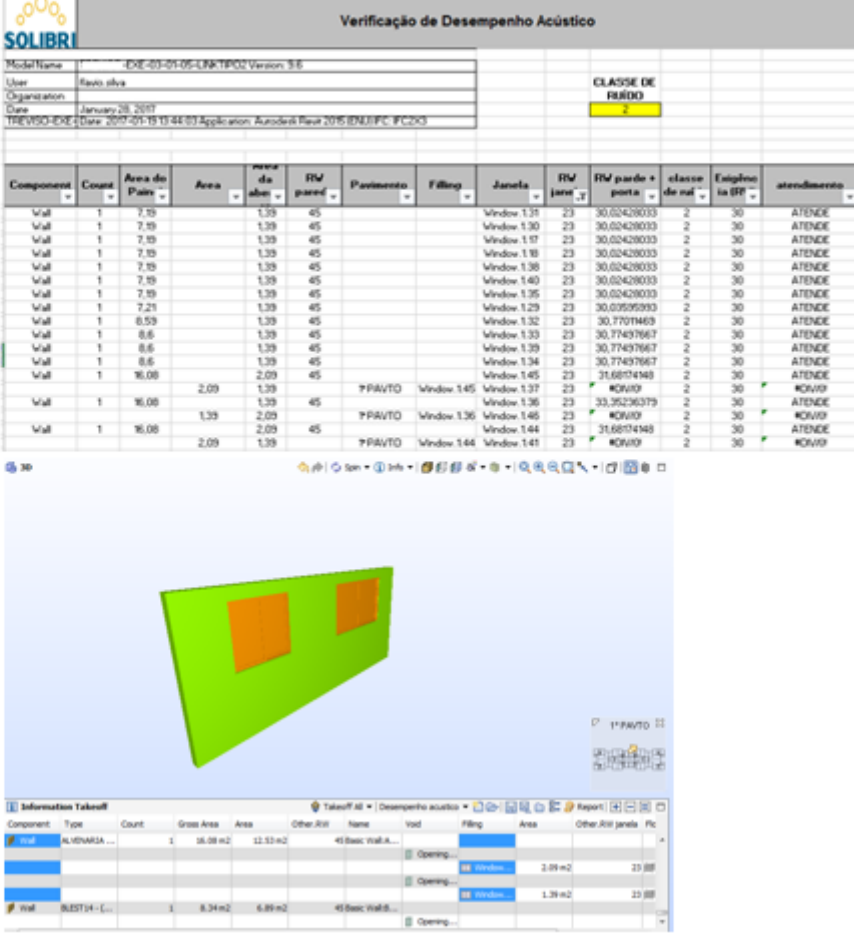
Regra 4.5	Verifica a largura mínima dos espaços. Sala mínimo de 2,40m, cozinha mínimo de 1,5m e banheiro mínimo de 1,10m.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. Todos esse ambientes possuíam largura maior ou igual ao mínimo exigido.
Regra 4.6	Verifica o espaço livre mínimo em frente dos componentes classificados como pia, fogão, geladeira, vaso sanitário, maquina de lavar, sofá 3 lug, estante e espaço livre no contorno da mesas de 4 lug conforme tabela F2 da norma.
Não conformidade (8)	A verificação apontou 8 não conformidades onde o espaço livre na frente da geladeira do fogão eram inferior ao mínimo necessário.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 4.7	Verifica a distância mínima entre as camas de solteiro de 0,6m.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 6.2	Verifica se o modelo contém pisos e rampas com inclinações superiores a 5%.
Não conformidade (1)	A verificação indicou a falta da propriedade inclinação. Isso se deve ao fato do piso estar nivelado. (Inclinação 0).
Ação	Marcar no relatório do SMC para desconsiderar essa não conformidade.
Tela SMC	

Regra 7.2	Verifica se os componentes do modelo possuem o parâmetro vida útil e se ele é maior ou igual ao mínimo estabelecido pela norma. Os componentes verificados foram: janela, telhado, parede externa, escadas, portas externas e corta fogo, calhas, vigas, pilares, rufos e revestimento cerâmico de piso.
Não conformidade (6)	A verificação indicou uma não conformidade que apontou que as portas corta fogo continham um prazo de vida útil menor do que o mínimo da norma e a verificação apontou também que 5 janelas de ventilação do telhado não continham o prazo de vida útil.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 7.3	Verifica se os componentes do modelo possuem o parâmetro vida útil e se ele é maior ou igual ao mínimo estabelecido pela norma. Os componentes verificados foram: parede interna, muro de divisa, guarda corpo, reboco externo, portas internas, alisar, fechadura, estrutura do telhado e revestimento laminado de piso.
Não conformidade (6)	A verificação apontou que guarda corpo, reboco externo, revestimento laminado não continham o prazo de vida útil.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 10.2	Verifica se os componentes os revestimentos reboco externo e interno, gesso interno, cerâmica e pintura possuem os parâmetro prazo de substituição e prazo de manutenção.
Observação	Essa regra não pode ser verificada por não ter passado na regra preliminar. Conforme no quadro 1 regra 10.1, os revestimentos não foram modelados separados e portanto não foi possível conferir o prazo de vida útil dos mesmos.
Tela SMC	

Regra 12.2	Verifica se o modelo contém paredes com a propriedade função estrutural classificando as paredes em estrutural e não estrutural.
Não conformidade (1)	A verificação apontou que algumas paredes do modelo não continham a propriedade função estrutural.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 13.2	Verifica se o modelo contém paredes com a propriedade carga máxima de uso para peças suspensas.
Não conformidade (1)	A verificação apontou que algumas paredes do modelo não continham a propriedade carga máxima de uso para peças suspensas.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 15.2	Verifica se o modelo contém forros com a propriedade carga máxima de uso para peças suspensas.
Não conformidade (1)	A verificação apontou que os forros não continham a propriedade carga máxima de uso para peças suspensas.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	

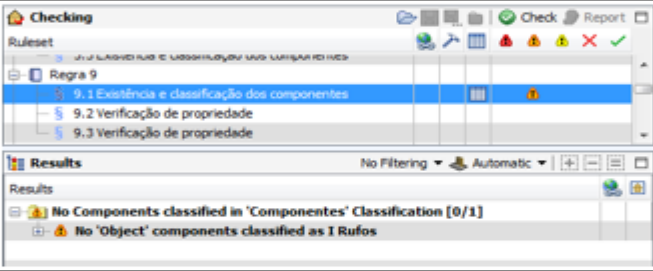
Regra 18.2	Verifica se telhado e forro possuem o parâmetro de classe de combustibilidade e se esse é igual a I ou II-A.
Não conformidade (1)	A verificação indicou que os forros não possuem a indicação de classe de incombustibilidade.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 18.3	Verifica se o modelo contém espaços classificados como Hall e Hall enclausurado pela classificação "Espaços arquitetura".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 18.4	Verifica se as paredes, lajes, pisos e forros do espaço hall e hall enclausurado possuem o parâmetro de classe de combustibilidade e se esse é igual a I ou II-A.
Não conformidade (1)	A verificação indicou que e que uma das paredes do hall continha a classe inferior ao mínimo exigido.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 19.2	1- Verifica se as paredes possuem o parâmetro de resistência ao fogo. 2- Se as portas possuem o parâmetro de resistência ao fogo e se esse é igual ou superior a 90 min.
Não conformidade (1)	A verificação apontou que algumas paredes do modelo não continham a propriedade resistência ao fogo. As portas foram verificadas e todas continham a resistência ao fogo superior a 90 min.
Ação	Confirmar a não conformidade das paredes.
Tela SMC	

Regra 19.3	Verifica se o modelo contém espaços classificados como ante câmara pela classificação "Espaços arquitetura".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 19.4	Verifica se as portas possuem o parâmetro de resistência ao fogo e se esse é igual ou superior a 60 min.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 21.2	Verifica se o modelo contém paredes com o parâmetro RW e janelas com parâmetro RW janela.
Não conformidade (1)	A verificação identificou que algumas paredes não indicaram o parâmetro de isolamento acústico RW mostrando visualmente quais eram as paredes.
Ação	Como todas as paredes sem o parâmetro RW eram internas não influenciavam na regra e assim foi marcado no relatório do SMC para desconsiderar essas não conformidades.
Tela SMC	 <p>The screenshot shows the SMC software interface. On the left, a 'Checking' window displays a 'Ruleset' for 'Regra 19' with four sub-rules: '19.1 Existência e classificação dos componentes', '19.2 Verificação de propriedade', '19.3 Existência e classificação dos componentes', and '19.4 Verificação de propriedade'. Below this, a 'Results' window shows 'Missing Properties [3/0]' and 'Wall components [3/0]' with a sub-item 'Other - Resistência ao fogo'. On the right, a 3D model of a building facade is visible, with various wall and window elements highlighted in blue and pink.</p>
Regra 21.3	Verifica se o desempenho acústico RW da parede da fachada levando em consideração os elementos de parede e janela atendem os ao mínimo exigido pela norma para as diferentes classes de ruído. Essa verificação é feita para os ambientes classificados como quarto. Essa verificação difere das demais. Uma vez que para verificar esse requisito, utilizou-se a funcionalidade "information take off" do SMC para extrair as informações desejadas do modelo. Essas informações foram exportadas para um template do excel onde a verificação final foi concluída.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O SMC através da funcionalidade "information take of" identificou automaticamente as paredes externas dos quartos com as suas respectivas janelas e extraiu do modelo a propriedade acústica RW desses elementos bem como as suas respectivas áreas. Ambos os dados são necessários para calcular o isolamento acústico do painel (parede + janela). A partir daí o SMC exportou os dados para o template pré-configurado no excel. Esses dados forma para as colunas correspondentes automaticamente. Uma macro do excel rodou uma pequena rotina e concluiu a verificação do desempenho acústico da edificação.

<p>Observação</p>	<p>A verificação funcionou, mas a regra apresentou um pequeno problema. Uma das paredes externas foi modelada continuamente de um cômodo para o outro. Assim, Não foi possível separar as áreas. Para regra funcionar essa parede tem que ser modelada separadamente ou seria necessário um ajuste simples na planilha do excel.</p>
<p>Tela SMC</p>	 <p>The screenshot displays the SOLIBRI software interface for acoustic performance verification. At the top, the title is "Verificação de Desempenho Acústico". Below the title, there is a metadata section with fields for Model Name, User, Organization, Date, and Application. A yellow box highlights the "CLASSE DE RUÍDO" (Noise Class) as "2".</p> <p>The main part of the interface is a data table with columns: Component, Count, Area do Pain, Area, Area da abert, RW pared, Pavimento, Filigr, Janela, RW janel, RW parede + porta, classe de ruído, Estipno ia SR, and atendimento. The table lists various wall and window components with their respective areas and acoustic ratings.</p> <p>Below the table is a 3D visualization of a wall with two windows, rendered in green and orange. The bottom of the screen shows an "Information Takeoff" table with columns: Component, Type, Count, Gross Area, Area, Other RW, Name, Val, Filigr, Area, Other RW janel, and Rc. This table provides a summary of the selected components and their properties.</p>

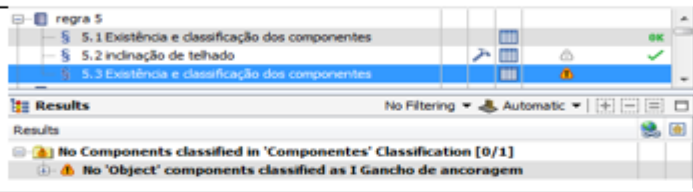
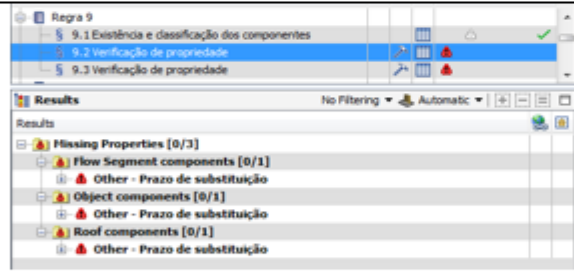
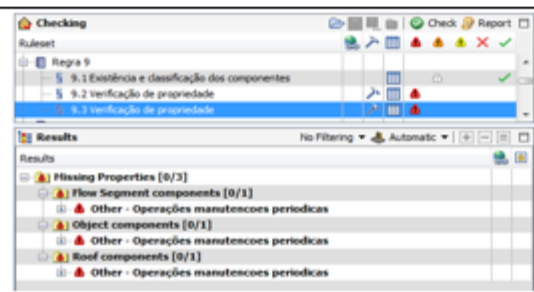
Fonte: Autor

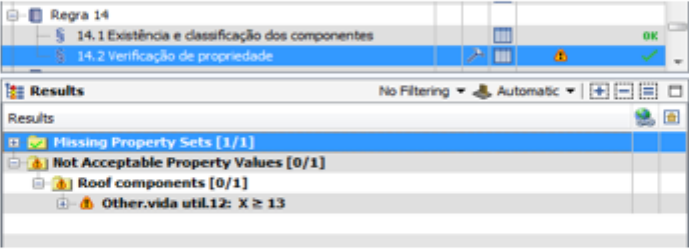
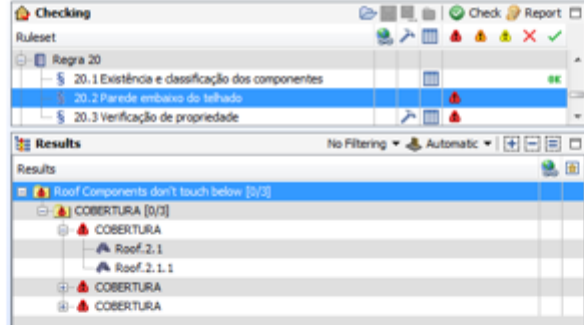
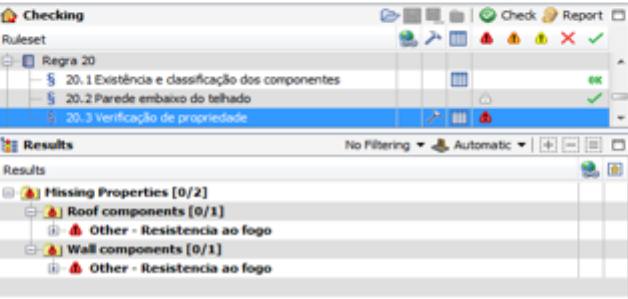
Quadro 23 – Registro das verificações da etapa 2 das regras preliminares

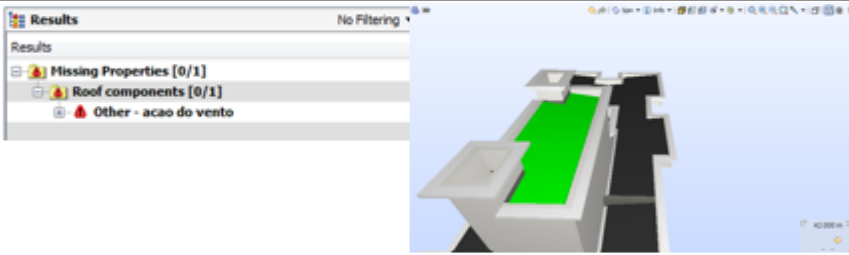
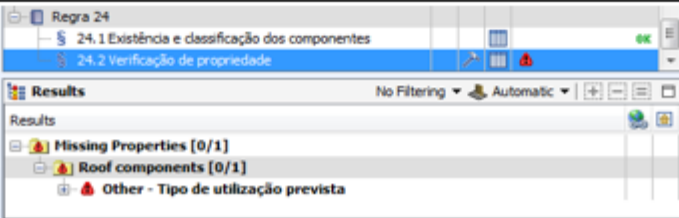
Etapa 2 - Verificação das regras preliminares - regras - 5,9,14, 20,22 e 24	
Regra 5.1	1- Verifica se o modelo contém telhado. 2- Verifica se esse está classificado pela classificação "Componentes".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. O modelo continha telhado e o mesmo estava classificado de acordo com a classificação "componentes".
Regra 9.1	Verifica se o modelo contém telhado, calha e rufo. 2- Verifica esses componentes estão classificado pela classificação "Componentes".
Não conformidade (4)	A regra verificou indicou a inexistência de componentes classificados como rufo. Já o telhado e as calhas foram encontrados.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 14.1	1- Verifica se o modelo contém telhado. 2- Verifica se esse está classificado pela classificação "Componentes".
Observação	Essa regra foi desativada por ser idêntica a regra 5.1.
Regra 20.1	Verifica se o modelo contém telhado e paredes classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 22.1	1- Verifica se o modelo contém telhado. 2- Verifica se esse está classificado pela classificação "Componentes".
Observação	Essa regra foi desativada por ser idêntica a regra 5.1.
Regra 24.1	1- Verifica se o modelo contém telhado. 2- Verifica se esse está classificado pela classificação "Componentes".
Observação	Essa regra foi desativada por ser idêntica a regra 5.1.

Fonte: Autor

Quadro 24 – Registro das verificações da etapa 2 das regras principais

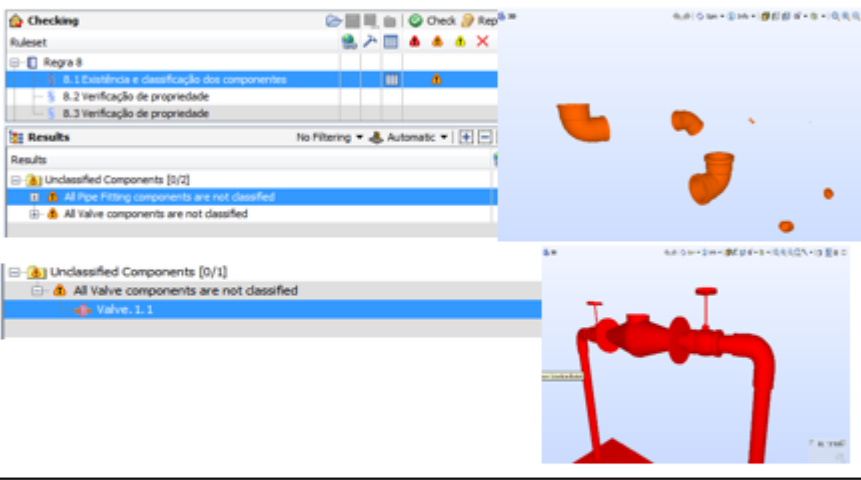
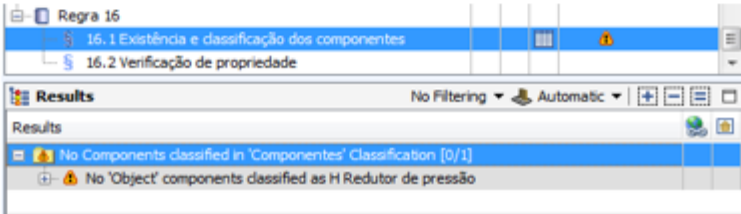
Etapa 2 - Verificação das regras principais - regras - 5,9,14, 20,22 e 24	
Regra 5.2	Verifica se existe alguma parte do telhado com inclinação superior a 30%.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. Nenhuma parte do telhado possuía inclinação superior a 30%.
Regra 5.3	Verifica se o modelo contém ganchos de ancoragem classificado pela classificação "Componentes".
Não conformidade (1)	A verificação indicou inexistência de componentes classificados como gancho de ancoragem. Os ganchos não foram modelados.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 9.2	Verifica se os componentes telhado, calha e rufo possuem o parâmetro prazo de substituição.
Não conformidade (3)	A verificação apontou que telhado, calha e rufo não continham o prazo de substituição.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 9.3	Verifica se os componentes telhado, calha e rufo possuem o parâmetro operações de manutenção periódicas.
Não conformidade (3)	A verificação apontou que telhado, calha e rufo não continham as operações de manutenção periódicas necessárias.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	

Regra 14.2	Verifica se o modelo contém telhado com a propriedade vida útil.
Não conformidade (1)	A verificação apontou que o telhado continha um prazo de vida útil inferior ao mínimo exigido pela norma.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 20.2	Verifica se as paredes são prolongadas até o fundo do telhado.
Não conformidade (3)	A verificação apontou que 03 paredes não estariam tocando o fundo do telhado. Porém nesses casos a parede estava ultrapassando o telhado.
Ação	Marcar no relatório do SMC para desconsiderar essa não conformidade.
Tela SMC	
Regra 20.3	Verifica se o modelo contém telhado e paredes com a resistência ao fogo superior a 30 min.
Não conformidade (2)	A verificação apontou que o telhado e as paredes não continham o parâmetro de resistência ao fogo.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	

Regra 22.2	Verifica se o telhado possui o parâmetro inclinação (slope).
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 22.3	Verifica se o telhado possui o parâmetro ação do vento.
Não conformidade (1)	A verificação apontou que o telhado não contém a ação do vento.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 24.2	Verifica se o modelo contém telhado com a propriedade "Tipo de utilização prevista".
Não conformidade (1)	A verificação apontou que o telhado não contém o tipo de utilização prevista.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	

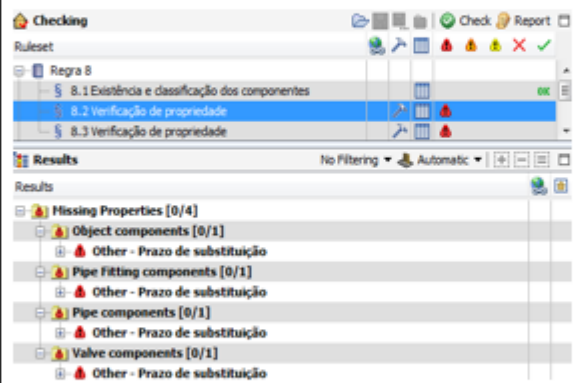
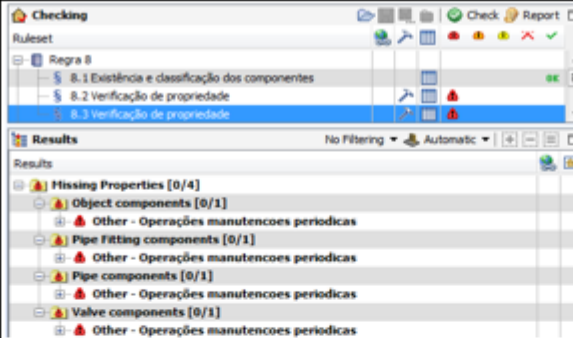
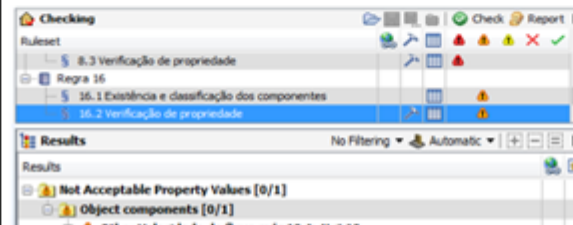
Fonte: Autor


Quadro 25 – Registro das verificações da etapa 3 das regras preliminares

Etapa 3 - Verificação das regras preliminares - regras - 8 e 16	
Regra 8.1	Verifica se o modelo contém tubulações, conexões, bombas, válvulas, registros, redutores.
Não conformidade (2)	A verificação indicou que algumas conexões e um registro não estavam classificados.
Ação	Reclassificar esses elementos que não estavam classificados, ajustando a classificação "componentes" no SMC. Após essa ação, a regra foi rodada novamente e passou sem não conformidades.
Tela SMC	
Regra 16.1	Verifica se o modelo contém bombas e redutores de pressão.
Não conformidade (1)	A verificação indicou que o modelo continha bombas e não continha redutores de pressão.
Ação	Analisar em conjunto com a regra 16.2
Tela SMC	

Fonte: Autor

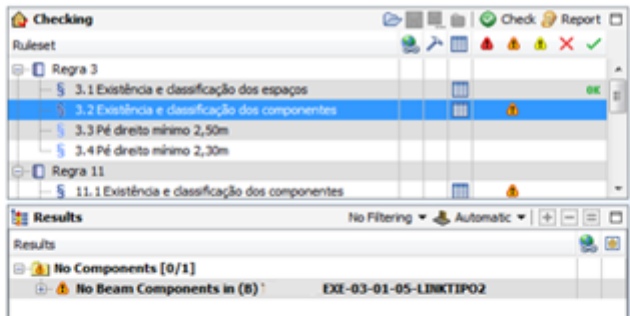
Quadro 26 – Registro das verificações da etapa 3 das regras principais

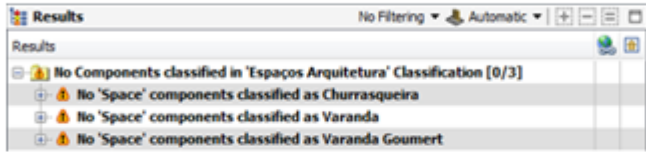
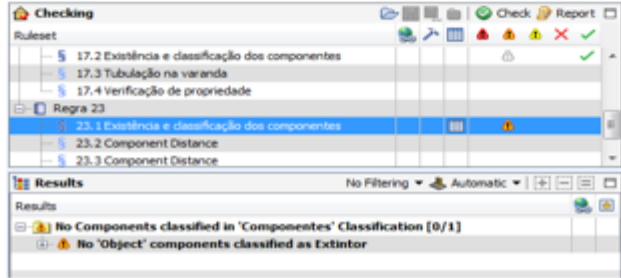
Etapa 3 - Verificação das regras principais - regras - 8, 16 e 25	
Regra 8.2	Verifica se os componentes tubulações, conexões, bombas, válvulas, registros, redutores possuem o parâmetro prazo de substituição.
Não conformidade (4)	A verificação apontou que os componentes tubulações, conexões, bombas, válvulas, registros, redutores não continham o prazo de substituição.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 8.3	Verifica se os componentes tubulações, conexões, bombas, válvulas, registros, redutores possuem o parâmetro operações de manutenção periódica.
Não conformidade (4)	A verificação apontou que os componentes tubulações, conexões, bombas, válvulas, registros, redutores não continham as operações de manutenção periódicas.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	
Regra 16.2	Verifica se o modelo contém bombas com a propriedade velocidade de fluxo menor igual a 10 m/s.
Não conformidade (1)	A verificação indicou que a velocidade de fluxo era superior a 10m/s. Essa regra precisa ser analisada em conjunto com a 16.1 e a mesma apontou a inexistência de redutores de pressão. Nessa condição, a velocidade de fluxo da bomba deveria ser menor ou conter redutores de pressão.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	

Regra 25.1	Verifica se o modelo contém objetos classificados como berço, pela classificação components.
Não conformidade (1)	A verificação indicou inexistência de componentes classificados como berço. Os berços não foram modelados.
Ação	Confirmar a não conformidade.
Tela SMC	

Fonte: Autor

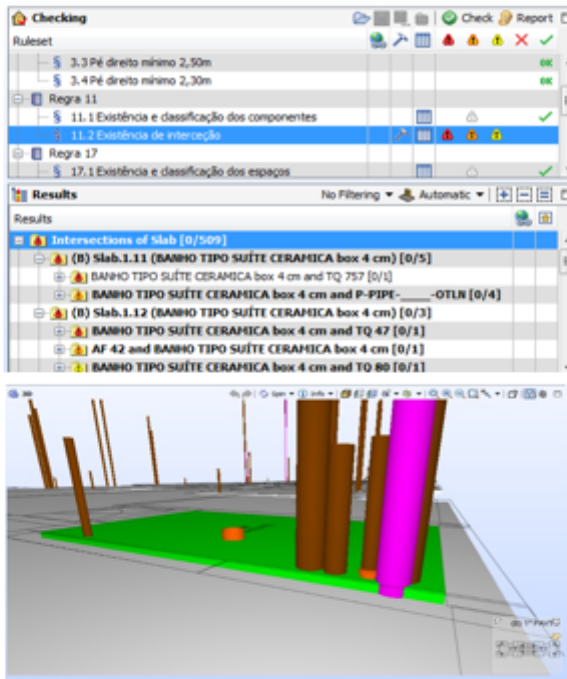
Quadro 27– Registro das verificações da etapa 4 das regras preliminares

Etapa 4 - Verificação das regras preliminares - regras - 3, 11,17 e 23	
Regra 3.1	1- Verifica se o modelo contém espaços. 2- Verifica se todos esses espaços estão classificados pela classificação "Espaços arquitetura".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 3.2	1-Verifica se o modelo contém lajes, forros e vigas. 2- Verifica se todos esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (1)	A verificação indicou a inexistencia de vigas. Os demais estavam contidos no modelo e a classificados de acordo com a classificação "componentes".
Ação	Marcar no relatório do SMC para desconsiderar essas não conformidades, já que as vigas não existem nesse modelo por se tratar do sistema construtivo alvenaria estrutural.
Tela SMC	
Regra 11.1	Verifica se o modelo contém vigas, pilares, lajes, paredes, tubulações e suas conexões.
Não conformidade (2)	A verificação indicou a inexistencia de vigas e pilares. Os demais estavam contidos no modelo e a classificados de acordo com a classificação "componentes".
Ação	Marcar no relatório do SMC para desconsiderar essas não conformidades, já que as vigas e pilares não existem nesse modelo por se tratar do sistema construtivo alvenaria estrutural.

Regra 17.1	1- Essa regra verifica se o modelo contém espaços classificados como varanda, varanda goumert e churrasqueira pela classificação "Espaços arquitetura".
Não conformidade (3)	A verificação apontou a inexistência de espaços classificados como churrasqueira, varanda e varanda goumert. Não existem esses ambientes nesse projeto.
Ação	Confirmar não aplicabilidade da regra principal 17.3, uma vez que esse modelo não contém esses ambientes e assim essa regra não se aplica a esse modelo.
Tela SMC	 <p>The screenshot shows a 'Results' window with the following content:</p> <ul style="list-style-type: none"> No Components classified in 'Espaços Arquitetura' Classification [0/3] No 'Space' components classified as Churrasqueira No 'Space' components classified as Varanda No 'Space' components classified as Varanda Goumert
Regra 17.2	Verifica se o modelo contém tubulações classificadas como tubulação pela classificação "Componentes".
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades.
Regra 23.1	1- Verifica se o modelo contém extintores e pisos. 2- Verifica se esses componentes estão classificados pela classificação "Componentes".
Não conformidade (1)	A verificação indicou a inexistência de extintores.
Ação	Confirmar não aplicabilidade da regra principal 23.3 a 23.5, uma vez que esse modelo não contém o projeto de incêndio e assim essa regra não se aplica a esse modelo.
Tela SMC	 <p>The screenshot shows two windows from the SMC interface:</p> <ul style="list-style-type: none"> Checking window: Shows a ruleset with rules 17.2, 17.3, 17.4, and Regra 23. Regra 23.1 is highlighted with a red warning icon. Results window: Shows classification results for 'Componentes' with the following content: <ul style="list-style-type: none"> No Components classified in 'Componentes' Classification [0/1] No 'Object' components classified as Extintor

Fonte: Autor

Quadro 28 – Registro das verificações da etapa 4 das regras principais

Etapa 4 - Verificação das regras principais - regras - 3, 11,17 e 23	
Regra 3.3	Verifica a distancia mínima de 2,50m entre o topo e fundo de laje, forros e vigas.
Observação	As regras 3.3 e 3.4 são complementares. Pela norma, banheiro e cozinha podem ter pé direito mínimo de 2,30m. Mas, por limitação do SMC não foi possível separar para o template utilizado um pé direito mínimo diferenciado para os ambientes na mesma regra.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. A verificação checou o pé direito de todos os ambientes e todos eram maiores ou iguais a 2,50m
Regra 3.4	Verifica a distancia mínima de 2,30m entre o topo e fundo de laje, forros e vigas.
Não conformidade (0)	A verificação foi um sucesso e não foram encontradas não conformidades. A verificação checou o pé direito de todos os ambientes e todos eram maiores ou iguais a 2,30m
Regra 11.2	Verifica os pontos de interseção entre tubulações e suas conexões com paredes, vigas e pilares.
Observação	A verificação apontou os pontos de intercessão entre laje e tubulação.
Tela SMC	 <p>The screenshot displays the SMC software interface. The 'Checking' window shows a list of rules: 3.3 (Pé direito mínimo 2,50m), 3.4 (Pé direito mínimo 2,30m), Regra 11 (Existência e classificação dos componentes), 11.2 (Existência de interseção), Regra 17, and 17.1 (Existência e classificação dos espaços). The 'Results' window shows 'Intersections of Slab [0/509]' with a list of items: (B) Slab.1.11 (BANHO TIPO SUÍTE CERAMICA box 4 cm) [0/5], BANHO TIPO SUÍTE CERAMICA box 4 cm and TQ 757 [0/1], BANHO TIPO SUÍTE CERAMICA box 4 cm and P-PIPE-OTLR [0/4], (B) Slab.1.12 (BANHO TIPO SUÍTE CERAMICA box 4 cm) [0/3], BANHO TIPO SUÍTE CERAMICA box 4 cm and TQ 47 [0/3], AF 42 and BANHO TIPO SUÍTE CERAMICA box 4 cm [0/1], and BANHO TIPO SUÍTE CERAMICA box 4 cm and TO 80 [0/1]. Below the results is a 3D model of a slab with several vertical pipes and columns, with a red dot indicating an intersection point.</p>
Regra 17.3	Verifica se existe tubulações em varandas, varandas gourmet e churrasqueira.
Observação	Essa regra não se aplica a esse modelo conforme apontado na regra de verificação preliminar 17.1
Regra 23.2	Verifica se a distância entre parte inferior do extintor e da parte superior do piso é maior ou igual a 0,20 m.
Observação	Essa regra não se aplica a esse modelo conforme apontado na regra de verificação preliminar 23.1

Regra 23.3	Verifica se a distância entre parte inferior do extintor e da parte superior do piso é menor ou igual a 1,13 m.
Observação	Essa regra não se aplica a esse modelo conforme apontado na regra de verificação preliminar 23.1
Regra 23.4	Verifica se a altura dos extintores são menores ou igual a que 47 cm.
Observação	Essa regra não se aplica a esse modelo conforme apontado na regra de verificação preliminar 23.1
Regra 23.5	Verifica se o modelo contém extintor com a propriedade tipo.
Observação	Essa regra não se aplica a esse modelo conforme apontado na regra de verificação preliminar 23.1

Fonte: Autor

4.4 Comparação entre processo automático e processo manual de verificação da NBR 15.1575

Antes de apresentar os resultados, é importante reforçar a limitação do universo dessa pesquisa. Para uma adequada representatividade dos indicadores de tempo e de assertividade entre os dois processos, faz-se necessário um estudo estatístico mais amplo envolvendo um número maior de projetos, de profissionais e, de diferentes empresas. Esta pesquisa teve como intuito obter uma ordem de grandeza na comparação entre dois processos específicos. Os questionários aplicados aos dois analistas de projeto⁵ se encontram no Apêndice A dessa pesquisa.

A Tabela 10 apresenta diferenças de tempo na verificação de projetos pelo método manual em relação ao computacional com a utilização do SMC. Esse último, foi dividido nas seguintes etapas: tempo consumido na exportação do formato *Revit* para o IFC, abertura do modelo no SMC, seleção das regras que irão ser aplicadas e a checagem automática realizada pelo software; tempo despendido na análise dos resultados das regras preliminares; tempo investido na análise dos resultados das regras principais.

⁵ Perfil dos analistas de projetos.

Analista 1: 23 anos, graduado em Engenharia Civil em 2016, um ano e seis meses nessa função.

Analista 2: 26 anos, graduado em Engenharia Civil em 2015, dois anos e seis meses nessa função.

Tabela 10 – Comparação do tempo gasto na verificação de projetos pelo método manual e pelo método computacional com a utilização do SMC – verificação coletiva das regras automatizadas.

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: O Autor

Os resultados da tabela 10 apontam uma redução de tempo médio total em torno de 60%, em relação a comparação do tempo médio investido na conferência automatizada com a média do tempo dos analistas de projetos que participaram da pesquisa.

Ficou evidenciado que existe uma variação significativa nessa redução do tempo entre os requisitos, que ocorre principalmente em função da natureza, do grau de complexidade de cada verificação, do tipo de projeto, do tamanho dos arquivos e consequente desempenho de hardware.

Observa-se que a maior parte do tempo dedicado à verificação computacional ocorreu nas regras preliminares, com principal ofensor presente na regra 4.1, que verifica se os espaços estão classificados conforme o sistema de classificação da informação adotado e se existem espaços classificados como banheiro, cozinha,

área de serviço, sala, quarto de casal e de solteiro. Nesse caso, a ação, a partir da não conformidade encontrada, determinou a necessidade de retornar para o modelador (*Revit*) para renomear os ambientes dos quartos que não estavam identificados como casal e solteiro, e realizar a separação da área de serviço que estava classificada como ambiente da cozinha, além da nova exportação para o formato IFC para processar a regra novamente. Este processo demandou 9 minutos e 15 segundos. Tal fato reforça a necessidade da construção de modelos conforme as diretrizes de modelagem, para que não ocorra despendimento de tempo e esforço desnecessários em suas correções e acertos, de modo que a checagem das regras automaticamente seja mais produtiva do que a verificação pelo método manual.

Cabe destacar que tamanho dos arquivos de projetos influenciam no tempo despendido nas etapas de exportação para o formato IFC, e de abertura do modelo no SMC. Este evento ficou evidente no requisito 8, que verifica se o projeto contém os prazos de substituição e manutenções periódicas dos componentes hidráulicos⁶, que apresentou um tempo elevado (4min 32s) em comparação aos demais na mesma etapa. O exemplo em evidência ocorreu pelo fato do requisito utilizar o arquivo do projeto hidráulico, que é consideravelmente maior do que das demais disciplinas utilizadas.

Na Tabela 10, os tempos foram aferidos através de uma verificação coletiva das regras computacionais. Dessa forma, ocorreu uma otimização de tempo nas etapas de: exportação do modelo *Revit* para o formato IFC; de abertura do modelo no SMC e; de análise dos resultados de várias regras preliminares. Esta ação foi possível pelo fato destas etapas serem comuns a mais de um requisito. Para melhor elucidar esse ponto, foi realizada uma simulação em que essa otimização não ocorreu. Para isso, repetiu-se os tempos das etapas que são sobrepostas para simular uma possível prática, onde cada requisito é conferido individualmente. Essa simulação esta demonstrada na Tabela 11.

⁶ Tubulações hidráulicas e seus componentes como conexões, bombas, válvulas, registros e dispositivos redutores de pressão.

Tabela 11 – Comparação do tempo gasto na verificação de projetos pelo método manual e pelo método computacional com a utilização do SMC – verificação individual das regras automatizadas.

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	9min 15s	1min 14s	11min 8s	74,4%	650,6%	183,1%
2	11min 24s	9min 54s	10min 39s	39s	9min 15s	1min 6s	11min	-3,5%	11,1%	3,4%
4	31min 34s	56min 54s	44min 14s	39s	12min 31s	3min 21s	16min 31s	-47,7%	-71,0%	-62,7%
7	6min 51s	1min 2s	3min 56s	39s	48s	1min 14s	2min 41s	-60,8%	159,7%	-32,1%
8	9min 46s	3min 52s	6min 49s	4min 32s	2min 41s	34s	7min 47s	-18,9%	104,7%	16,1%
9	2min 12s	45s	1min 29s	30s	23s	33s	1min 26s	-34,8%	91,1%	-3,4%
16	5min 40s	6min 23s	6min 3s	4min 32s	17s	19s	5min 8s	-7,1%	-17,5%	-12,9%
21	3min 13s	2min 35s	2min 54s	39s	9min 15s	1min 30s	11min 24s	254,4%	341,3%	293,1%
24	2min 28s	4min 10s	3min 19s	30s	28s	15s	1min 13s	-69,6%	-82,0%	-77,4%
Total	1h 19min 31s	1h 27min 4s	1h 23min 19s	13min 19s	44min 53s	10min 6s	1h 8min 18s	-14,4%	-21,8%	-18,3%

Fonte: O Autor

Quando a verificação de cada requisito ocorreu individualmente, constatou-se uma redução do tempo médio aferido pela conferência automatizada, em relação a média de tempo despendida pelos dois analistas, de 60% para 18%.

A conferência dos requisitos 1,2,8 e 21 pelo método manual se tornou mais rápida do que pelo método computacional. Essa simulação demonstra que quanto mais regras forem agregadas na mesma verificação maior será o ganho na redução do tempo. A conferência individual dos requisitos ocasiona menor ou nenhuma diminuição de tempo, e por isto, não agrega significativa vantagem no uso do método de conferência automatizada.

Assim, o estudo evidenciou que existe benefício quando as regras são verificadas coletivamente. Este fato reforça a importância de se avaliar o processo, com um todo, para a tomada de decisão de quais regras justificariam realizar uma

parametrização para conferência automática. Inicialmente pode parecer que a parametrização de uma regra simples tenha um custo benefício baixo, mas a redução de tempo na verificação de um conjunto de regras simples é significativo. O teste realizado demonstrou também que, em algumas regras, a redução de tempo é elevada, e pode chegar a uma redução de 90%, em relação a conferência pelo método manual.

O teste realizado também evidenciou o tempo despendido para a verificação das regras preliminares, que são necessárias para que as principais funcionem. Esta etapa consumiu metade do tempo total da conferência automatizada. Sob este aspecto, é necessário avaliar o custo/benefício do processo de verificação automatizado. Cabe destacar que essa é uma atividade que não existe no processo manual. Além disso, conforme foi descrito anteriormente, a forma como o projeto é modelado influencia diretamente o processo de conferência.

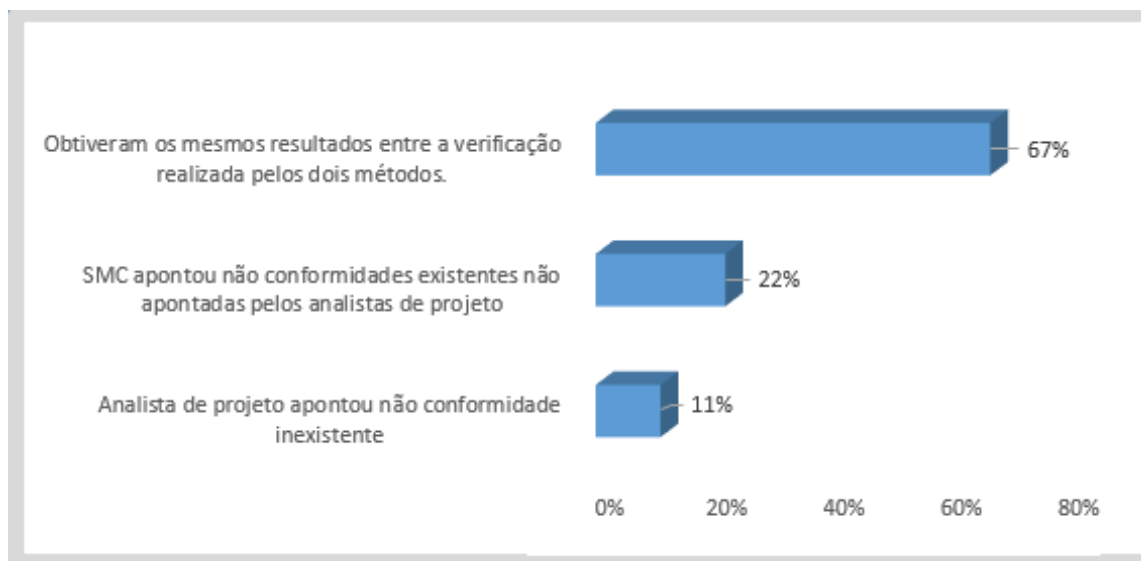
Não foi objeto desse trabalho mensurar o tempo de modelagem, porém, foi visivelmente identificado que ele também precisa ser aferido para avaliar o custo/benefício. Contudo, essa análise torna-se complexa tendo em vista que qualidade, projeto e custos devem ser medidos em todo o ciclo de vida das construções.⁷

A necessidade de padronização dos sistemas de classificação da informação da construção também é uma aplicabilidade que se integra ao processo. Essa padronização otimiza o tempo dedicado à reclassificação realizada no SMC, e afeta diretamente no tempo destinado as regras preliminares, e conseqüentemente no tempo total de verificação. A não realização de nenhum tipo de padronização praticamente inviabiliza o processo de conferência realizada pelo SMC, pois isso eleva o tempo não justificaria o uso do novo processo.

Além do indicador de tempo, o trabalho buscou avaliar as não conformidades encontradas pelos dois métodos. O Gráfico 03 mostra os resultados obtidos sobre esse aspecto.

⁷ O trabalho limitou-se a verificação da NBR15.575. Como o SMC pode verificar vários conjuntos de regras de várias outras normas, incluindo a verificação de interferência física entre as disciplinas, novos estudos se fazem necessários para avaliar os benefícios do SMC como um todo.

Gráfico 03 – Comparação das não conformidades encontradas entre o método de verificação de projeto manual com o método de verificação computacional de projetos com a utilização do SMC.



Fonte: Autor

Sob o aspecto de assertividade na conferência dos projetos, os resultados revelam que o método de verificação computacional de projetos foi mais eficaz do que o método manual. Dos 09 requisitos verificados, 06 deles (67%) obtiveram os mesmos resultados entre a verificação realizada pelos dois métodos; em 02 verificações (22%) o SMC apontou não conformidades existentes no projeto que não foram assinaladas por pelo menos um dos analistas de projeto; e para 01 requisito (11%), pelo menos um dos analistas de projetos, apontou erroneamente uma não conformidade que não existia de fato; por fim, não foram apontadas não conformidades que os analistas de projeto tenham encontrado, e que o software não tenha registrado. Isso mostra que dados mais precisos com BIM melhora a qualidade dos projetos. Na mesma direção, e outra constatação obtida nesse estudo evidencia, pelos relatos dos analistas de projeto que realizaram a verificação pelo método manual, contidos no apêndice A, que o método de verificação dos analistas, revela que algumas delas foram realizadas por amostragem, supondo que alguns apartamentos eram iguais entre si, e que ao conferir um estariam conferindo todo o restante. Essa abordagem de conferência pode levar a não identificação de erros existentes. Já a conferência realizada pelo SMC não faz essa distinção, e por isto confere 100% dos elementos do modelo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação da verificação dos requisitos normativos direcionado aos projetos, apesar de inovadora e pouco difundida no mundo, é uma realidade proporcionada pela tecnologia BIM. A presente pesquisa contribuiu para comprovar que esta tecnologia é eficaz, tanto para verificação de projetos em relação as normas vigentes, quanto em relação à redução de tempo que os projetistas e contratantes demandam na verificação manualmente. Tais fatos contribuem para agregar valor ao produto e ao processo de construção. Ou seja, a verificação automatizada se mostrou mais eficaz em relação ao processo manual de conferência dos projetos.

Contudo, o presente trabalho demonstra que é necessário cumprir algumas etapas para realizar essa conferência automatizada. As etapas têm início na padronização das diretrizes de modelagem e adoção dos sistemas de classificação da informação da construção, precisam atender e traduzir os requisitos da norma, que deve ser realizada, preferencialmente, por um especialista, e por fim, pela construção da parametrização das regras preliminares e regras principais. Essas etapas devem estar organizadas de forma a evidenciar todo o processo para que o usuário final tenha segurança em utilizar a regra, e conhecer o que será verificado. O trabalho evidencia a necessidade da realização de múltiplos testes em modelos para o aperfeiçoamento da proposta de parametrização das regras.

A pesquisa permitiu constatar que o processo de verificação automática está ligado ao processo de desenvolvimento do modelo e, portanto, é recomendado realizar uma abordagem conjunta, com uma avaliação do esforço em relação aos benefícios nas seguintes etapas: modelagem, parametrização e verificação para cada requisito da norma.

O SMC se mostrou satisfatório na verificação das regras mais simples e conforme aumenta o grau de complexidade, essas características vão diminuindo, pois templates novos e customizações não estão disponíveis para os usuários, e só podem ser realizadas pelo fabricante.

É importante destacar também que a sistemática proposta, incluindo a ferramenta para facilitar a interpretação das diretrizes normativas para a linguagem do SMC e para apoiar a construção e manutenção da parametrização das regras no software, pode ir além da utilização nesse trabalho. A pesquisa validou essa proposta ao aplica-la a um empreendimento e a mesma poderá apoiar o processo de parametrização de outras normas no SMC. Porém, para a ampliação dessa utilização serão necessários mais testes em outros projetos de empresas diferentes para refinar sistemática e a ferramenta proposta melhorando a aplicabilidade e a usabilidade da mesma. Nessa perspectiva, o *code cheking* poderia ser usado como um instrumento de validação de um sistema da qualidade realizando a etapa de análise crítica dos projetos e garantindo que os mesmos estão em conformidade com as normas.

A pesquisa comprovou que a verificação computacional de requisitos de projetos é aplicável à legislação brasileira, uma vez que requisitos da norma de desempenho foram conferidos automaticamente com a utilização do SMC. Pela importância e abrangência da NBR15.575 é possível afirmar que esse sistema de verificação é aplicável às normas brasileiras. No entanto, o percentual de requisitos em que é possível aplicar esse sistema de verificação é relativamente baixo. Um dos principais motivos é a subjetividade da maioria dos requisitos (42%). Os estudos realizados por Rodrigues (2015) e Mainardi Neto (2016), também permitiram demonstrar que essa subjetividade é uma característica presente em outras normas. Sob essa ótica, é evidente a dificuldade de criação de um sistema de verificação que confira a totalidade das regras, e que dispense a interação humana.

A parametrização das regras e a sistemática de trabalho propostos serão adotados pela incorporadora que cedeu os modelos para a realização dessa pesquisa, tanto para a verificação dos requisitos da NBR 15.575, quanto para a construção de novas parametrizações para verificação de exigências de outras normas e diretrizes internas de projeto. A colaboração mais efetiva entre empresas e a academia é fundamental para o desenvolvimento da Engenharia e Arquitetura e alavancar melhorias para o setor educacional e produtivo da construção. O BIM pressupõe essa integração para que a modelagem da informação seja estruturada de forma ampla e eficiente visando alcançar novos patamares de competitividade setorial.

Como sugestão para futuras pesquisas, é possível avaliar a possibilidade de difusão de sistemas e software de verificação, com incidência sobre as formas de escrita das normas, com um olhar sistêmico, para o uso de programas automatizados, e que, por conseguinte, conduza à redução do generalismo. Outra possibilidade é a utilização de sistemas de inteligência artificial, com o propósito de contribuir na análise da subjetividade, e no processo de tradução, para ampliar a aplicação das verificações automatizadas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). E1557 – 09. Standard Classification for Building Elements and Related Sitework - UNIFORMAT II1, Estados Unidos, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho: Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15965-1: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15965-2: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12006-2: Construção de edificação – Organização de informação da construção. Rio de Janeiro, 2010.

BELL, H., et al. Standardized Computable Rules. Standards Norway, Strandveien, Oslo, Norway, v. 18, p. 01-68, dec. 2009.

BIM Forum. Level of Development Specification Guide. Disponível em: http://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/10/LOD-Spec-2017-Guide_2017-10-03.pdf . Acesso em: 15/11/2017

BORGES, C.A.M.; SABBATINI, F.H. 2008. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. São Paulo: EPUSP, 2008. 19 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/515).

BUILDINGSMART. Ifc Space Program. Disponível em: http://iaiweb.lbl.gov/Resources/IFC_Releases/R2x3_final/ifcarchitectedomain/lexica/ifcspaceprogram.htm . Acesso em: 25/10/2017

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. 2. ed. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308p.

CAMPBELL, D. A. Building Information Modeling: the web 3D application for AEC. In Proceedings of the Twelfth International Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy. April 15 – 18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY 173-176, 2007.

CIRIBINI, A. L. C. et al. An innovative approach to e-public tendering based on Model Checking. Procedia Economics and Finance, v. 21, p. 32-39, 2015. Elsevier BV

- DAWOOD, N., et al. Development of an integrated information resource base for 4D/VR construction processes simulation. *Automation in Construction*, v. 12, n. 2, p. 123-131, 2003. Elsevier BV.
- EASTMAN, C., et al. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Manager, Designers, Engineers and Contractors*. 1 ed. John Wile & Sons, 2008. 504 p.
- EASTMAN, C. et al. Automatic Rule-based Checking of Building Designs. *Automation in Construction*, v. 18, p. 1011 – 1033, jul. 2009. Elsevier BV.
- DIGITAL ALCHEMY. Disponível em: <<https://d-alchemy.com/html/services/SmartCodes.html>>. Acesso em: 12 Fev. 2017.
- GRILO, A.; GONCALVES, R.: Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, v. 19, p. 522-530, nov. 2009. Elsevier BV.
- KANG, L.; PAULSON B.: Information classification for civil engineering projects by Uniclass. *Journal of construction engineering and management*, Berlin, Germany, v. 126, n. 2, p. 158-167, mar. 2000.
- LEE, H. et al. Translating building legislation into a computer-executable format for evaluating building permit requirements. *Automation in Construction*, v. 71, p. 49-61, mai. 2016. Elsevier BV.
- LUKKA, K. The constructive research approach. Case study research in logistics. *Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B*, v. 1, n. 2003, p. 83-101, 2003.
- MAINARDI NETO, A. I. Verificação de regras para aprovação de projetos de arquitetura em BIM para estações de metrô. 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação da Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- MALSANE, S. et al. Development of an object model for automated compliance checking. *Automation in Construction*, v. 49, p. 51-58, 2015. Elsevier BV.
- MANZIONE, L. Estudo de métodos de planejamento do processo de projetos de edifícios. 2006. 250 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MINASCON. Estudo sobre o impacto do Plano Real na construção marca a abertura do Minascon/Construir Minas. 2014. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com/portal/eventos/9700-estudo-sobre-o-impacto-do-plano-real-na-construcao-marca-a-abertura-do-minasconconstruir-minas>. Acesso em: 11 Jul. 2107.
- NAWARI, Nawari O. Automating Codes Conformance in Structural Domain. *Computing In Civil Engineering (2011)*, [s.l.], p.569-577, Jun. 2011. American Society of Civil Engineers (ASCE).

NAWARI, Nawari O. BIM standard in off-site construction. *Journal of Architectural Engineering*, ASCE, Universidad da Florida, Gainesville, EUA, v. 18, n. 2, p. 107-113, 2012.

NEDERVEEN, S.; BEHESHTI, R.; GIELINGH, W.: Modelling concepts for BIM. *Building Information Modeling and construction informatics – concepts and technologies*. New York: Information Science Reference, 2010, Capítulo 1, p1-15.

OMNICLASS CONSTRUCTION CLASSIFICATION SYSTEM (OCCS): Omniclass Introduction and User's Guide. 2006. Disponível em <<http://www.omniclass.org/>>. Acesso em: 22 Set. 2016.

PINIWEB. O cenário pós-abertura de capital. *Revista Construção e Mercado*, ed. 111, Outubro, 2010. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/111/o-cenario-pos-abertura-de-capital-eficiencia-eficacia-e-consolidacao-283810-1.aspx>. Acesso em: 11 de Jul. de 2107.

PIRES, M. C. Política econômica e estabilização: uma breve análise da recessão brasileira. *Brazilian Keynesian Review*, v. 2, n. 2, p. 247-251, 2017.

RODRIGUES, J. Utilização de modelos BIM para verificação automática de projetos. 2015. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2015.

RYU, J. et al, Development of Process for Interoperability Improvement of BIM Data for Free-form Buildings Design using the IFC Standard. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, v. 10, p. 127-138, 2016.

SOLIBRI MODEL CHECKER (SMC): banco de dados. Disponível em: <<http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>>. Acesso em: 15 Nov. 2015.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. *Automation in construction*, 53, p. 69-82, mar. 2015. Elsevier BV.

SOUZA, R. Conceito de desempenho aplicado às edificações. 1 ed. São Paulo: Tula Melo, 2015. 52 p.

STATSBYGG: Disponível em: <http://www.statsbygg.no/>. Acesso em: 09 Mar. 2017.

STEPHEN, A. R., et al. Fundamentos de Administração Financeira. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 806p.

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.

UNDERWOOD, J., ISIKDAG, U.: A synopsis of the handbook of research on building information modelling. *CIB World Congress*, Salford, 10–13, 2010

APÊNDICE A – Questionário aplicado aos analistas de projeto para avaliação da verificação pelo método manual.

Analista 1		Analista de projetos		Tempo na função: 1 ano e 6 meses		Escolaridade: Engenharia Civil - Superior Completo	
Função	31/03/2017	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
Desempenho Luminico Requisito - Iluminação Natural Comunicação com o exterior - Recomenda-se que a iluminação natural das salas de estar e dormitórios seja provida de jãos de portas ou janelas. No caso de janelas, recomenda-se que a cor do peitoril esteja posicionada no máximo a 100 cm do piso interno, e a cor de testeira do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme figura 1	Caderno 1, Item 13, 2.6, pag 29 (15.575)	1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2- Norma de desempenho (NBR 15.575)	Foi verificado na planilha 3 o quadro de esquadrias discriminando os ambientes, após essa verificação foi feita uma conferência das esquadrias em seus cômodos. Com as esquadrias criadas a análise foi feita a partir dos dados das alturas e seções das esquadras 12, 13 e 14.	6m23s 52,13 com peitoril de 20 cm e testeira de 2,40 cm. 52,14 com peitoril de 1,20 cm e testeira de 2,40 cm.	Um caderno foi utilizado para auxiliar nas anotações.		
Desempenho Térmico Requisito - Aberturas para ventilação. Critério - Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam a regulação do local da obra incluindo códigos de obras, códigos sanitários e outros. Quando não houver requisito de ordem legal para o local de implantação da obra devem ser indicados os valores adotados na tabela 15 - área mínima de ventilação e dormitórios e sala de estar. Para zona bioclimática 1 a 7 A>7% da área de piso. Para zona bioclimática 8 A>12% para região norte do Brasil A>8% região nordeste e sudeste do Brasil.	Caderno 4, Item 11,3.1, 15.575) pag 27 e 28	1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2- Norma de desempenho (NBR 15.575) 3- Informação: o empreendimento esta na zona bioclimática 3	Foram verificadas, na folha 3, as áreas dos quartos diferentes e comparada com 50% das áreas da janela 12. Foi verificada a folha 4 para conferir quantas folhas haviam nas janelas. O mesmo método foi aplicado nas salas e janelas 13 e 14.	11m24s	-	Tempo foi paralizado enquanto software Cad travou. Foi utilizado um caderno de anotações para auxílio. O Excel foi utilizado para auxílio nos cálculos.	
Desempenho: Funcionalidade e Acessibilidade Requisito - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação Critério - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação - Para os projetos de arquitetura de unidades habitacionais, sugere-se prever no mínimo a disponibilidade de espaço nos cômodos da edificação habitacional para colocação e utilização dos móveis e equipamentos padrão listados no anexo F. Tabela F1 - Móveis e equipamentos (resumo ambiente e mobiliário mínimo) quarto casal - cama casal + guarda roupa + criado mudo quarto solteiro - 02 camas solteiro - guarda roupa + criado mudo sala estar/jantar - sofá 2 ou 3 lug+estante TV+poltrona-mesa 4 lug cozinha - fogão + geladeira+ pia banho - vaso + box + lavatório área serviço - tanque + máquina de lavar Tabela F2 - dimensões mínimas mobiliário e circulação sofá 3 lug - 1,7 x 0,7 / sofá 2 lug - 1,2 x 0,7 Número de assentos mínimo dos sofás é determinado pela quantidade de hab por unidade considerando o nº de leitos. poltrona 0,5 x 0,4 Estante/arranjo tv - 0,8 x 0,5 mesa quadrada 4 lug - 1 x 1 / mesa quadrada 6 lug - 1,2 x 1,2 mesa retangular 4 lug - 1,2 x 0,8 / mesa retangular 6 lug - 1,5 x 0,8 pia - 1,2 x 0,5 fogão - 0,55 x 0,60 / geladeira - 0,7 x 0,7 cama casal - 1,4 x 1,9 / cama solteiro - 0,8 x 1,9 criado mudo - 0,5 x 0,5 / guarda roupa - 1,5 x 0,5 lavatório - 0,39 x 0,29 / vaso sanitário - 0,6 x 0,6 / box - 0,8 x 0,8 tanque - 0,52 x 0,53 / máquina de lavar - 0,6 x 0,65 Largura mínima da sala - 2,40m Largura mínima cozinha - 1,5m Largura mínima banheiro - 1,1m Espaço mínimo livre p/ circulação: frente do sofá - 50cm frente da pia, fogão e geladeira - 0,85m entre as camas - 60cm a partir da borda da mesa - 0,75m	Caderno 1 Item 16.2.1, Pág 35 e Anexo F pag 67 a 70 (15.575)	1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2- Norma de desempenho (NBR 15.575)	Em um caderno foi montada uma tabela para verificação por cômodos consolidando os itens a serem verificados, seções, circunferências e larguras mínimas. A partir das anotações foram verificados os cômodos dos pavimentos tipo.	31m24s	104 não conformidades por dimensões e espaço de circulação da mesa. / 104 não conformidades espaço de circulação da geladeira. / 104 não conformidades por espaço de circulação da pia.		

nº	requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
9	<p>Desempenho: Durabilidade</p> <p>Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e do sistema que o compõem</p> <p>Critério - Vida Útil de projeto - O projeto deve especificar o valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na tabela 7, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham a durabilidade potencial compatível com a (VUP) a serem considerados nos projetos elaborados a partir da exigibilidade desta parte da ABNT NBR 15575.</p> <p>Tabela C7 - VUP mínima (resumo)</p> <p>pilares, vigas, lajes - 50 anos</p> <p>muros divisórios - 20 anos</p> <p>escadas externas - 20 anos</p> <p>paredes vedação externa - 40 anos</p> <p>paredes internas - 20 anos</p> <p>guarda-corpos - 20 anos</p> <p>estrutura cobertura - 20 anos</p> <p>telhado - 13 anos</p> <p>calhas - 13 anos</p> <p>rufos - 8 anos</p> <p>revestimento interno aderido - 13 anos</p> <p>revestimento interno não aderido - 8 anos</p> <p>revestimento fachada - 20 anos</p> <p>piso externo - 13 anos</p> <p>pintura interna - 3 anos</p> <p>pintura externa - 8 anos</p> <p>impermeabilização manutível s/ quebra de revestimento - 4 anos</p> <p>impermeabilização manutível somente com quebra de revestimento - 20 anos</p> <p>esquadrias externas - 20 anos</p> <p>portas internas - 8 anos</p> <p>janelas internas - 8 anos</p> <p>portas externas - 13 anos</p> <p>portas corta-fogo - 13 anos</p> <p>fachadas alisaras - 4 anos</p>	Caderno 1, item 14.2.1, pag 31 e anexo C, tab. C6	1-arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575)	Foi feita uma varredura no projeto para encontrar itens que descrevem as informações solicitadas.	6m51s	Portas Externas - 8 anos < 13 anos NBR / Porta corta fogo - 10 anos < 13 anos NBR	
8	<p>Desempenho: Durabilidade</p> <p>Requisito - Vida útil de projeto das instalações sanitárias</p> <p>Premissa de projeto - Dada a complexidade e variedade dos componentes que constituem o sistema hidrosanitário e a fim que atenda a NBR15573:2003, tabela 7, considerando-se ainda que a vida útil também é função da agressividade do meio ambiente, das características intrínsecas dos materiais e dos solos, os componentes podem apresentar uma vida útil menor do que aquelas estabelecidas para o sistema hidrosanitário como vida útil de projeto. Assim, no projeto deve constar o prazo de substituição e manutenções periódicas pertinentes.</p>	Caderno 6 item 14.1.1.2 pag 16	1-arquivo do projeto de instalações hidráulicas em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575)	Foi feita uma varredura no projeto para encontrar itens que descrevem as informações solicitadas.	9m46s	Não foi encontrado item que descreve tempo de manutenção e substituição de peças no projeto hidráulico	
9	<p>Desempenho: Durabilidade</p> <p>Critério para vida útil de projeto dos sistemas de cobertura</p> <p>Premissas de projeto - O projeto deve constar o prazo de substituição e as operações de manutenções periódicas pertinentes.</p>	Caderno 5 item 14.1.2 pg 30	1-arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575)	Foi feita uma varredura no projeto para encontrar itens que descrevem as informações solicitadas.	2m12s	Não foi encontrado item que descreve as operações para as manutenções da cobertura.	

nº	requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
Desempenho: Durabilidade	<p>Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e do sistema que o compõem</p> <p>Critério - Vida Útil de projeto - O projeto deve especificar o valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na tabela 7, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham a durabilidade potencial compatível com a (VUP) a serem considerados nos projetos elaborados a partir da exigibilidade desta parte da ABNT NBR 15575- Tabela C7 - VUP mínima (resumo)</p> <p>pilares, vigas, lajes - 50 anos</p> <p>murais divisorios - 20 anos</p> <p>escadas externas - 20 anos</p> <p>paredes vedação externa - 40 anos</p> <p>paredes internas - 20 anos</p> <p>guarda-corpos - 20 anos</p> <p>estrutura cobertura - 20 anos</p> <p>7 telhamento - 13 anos</p> <p>calhas - 13 anos</p> <p>rufos - 8 anos</p> <p>revestimento interno aderido - 13 anos</p> <p>revestimento interno não aderido - 8 anos</p> <p>revestimento fachada - 20 anos</p> <p>piso externo - 13 anos</p> <p>pintura interna - 3 anos</p> <p>pintura externa - 8 anos</p> <p>impermeabilização manutível s/ quebra de revestimento - 4 anos</p> <p>impermeabilização manutível somente com quebra de revestimento - 20 anos</p> <p>esquadrias externas - 20 anos</p> <p>portas internas - 8 anos</p> <p>janelas internas - 8 anos</p> <p>portas externas - 13 anos</p> <p>portas corta-fogo - 13 anos</p> <p>fachaduras alisarais - 4 anos</p>	<p>Caderno 1, item 14.2.1, pag 31 e anexo C, tab. C6</p>	<p>1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg</p> <p>2- Norma de desempenho (NBR 15.575)</p>	<p>Foi feita uma varredura no projeto para encontrar itens que descrevem as informações solicitadas.</p>	<p>6m51s</p>	<p>Portas Externas - 8 anos < 13 anos NBR / Porta corta fogo - 10 anos < 13 anos NBR</p>	
Desempenho: Durabilidade	<p>Requisito - Vida útil de projeto das instalações sanitárias</p> <p>Premissa de projeto - Dada a complexidade e variedade dos componentes que constituem o sistema hidrosanitário e a fim que atenda a NBR1573:2003, tabela 7, considerando-se ainda que a vida útil também é função da agressividade do meio ambiente, das características intrínsecas dos materiais e dos solos, os componentes podem apresentar uma vida útil menor do que aquelas estabelecidas para o sistema hidrosanitário como vida útil de projeto. Assim, no projeto deve constar o prazo de substituição e manutenções periódicas pertinentes.</p>	<p>Caderno 6 item 14.1.1.2 pag 16</p>	<p>1- arquivo do projeto de instalações hidráulicas em dwg</p> <p>2- Norma de desempenho (NBR 15.575)</p>	<p>Foi feita uma varredura no projeto para encontrar itens que descrevem as informações solicitadas.</p>	<p>9m46s</p>	<p>Não foi encontrado item que descreve tempo de manutenção e substituição de peças no projeto hidráulico</p>	
Desempenho: Durabilidade	<p>Critério para vida útil de projeto dos sistemas de cobertura</p> <p>Premissas de projeto - O projeto deve constar o prazo de substituição e as operações de manutenções periódicas pertinentes.</p>	<p>Caderno 5 item 14.1.2 pg 30</p>	<p>1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg</p> <p>2- Norma de desempenho (NBR 15.575)</p>	<p>Foi feita uma varredura no projeto para encontrar itens que descrevem as informações solicitadas.</p>	<p>2m12s</p>	<p>Não foi encontrado item que descreve as operações para as manutenções da cobertura.</p>	

nº requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações dinâmicas hidrosanitàrios - Não provocar golpes e vibrações que impliquem risco a estabilidade estrutural. Critério - sobrepessão máxima quando da parada de bombas de recalque. 16 Método de avaliação - Verificar a menção no projeto da velocidade do fluxo prevista. O projeto pode estabelecer acima de 10 m/s, desde que previsto dispositivos redutores.	Caderno 6 Item 7.2.3.1 pg 8	1- arquivo do projeto de instalações hidráulicas em dwg 2- Normas de desempenho (NBR 15.575)	Foi utilizado o comando "find" para localizar a palavra "velocidade" e "fluxo", porém não foi encontrada qualquer nota que indicando a velocidade do fluxo. Após essa verificação foi feita uma varredura no projeto para procurar a nota.	5m40s	Não foi encontrada nota que menciona a velocidade de fluxo.	
Desempenho: Acústico Requisito - Níveis de ruído permitidos na habitação Níveis de desempenho mínimo - Os valores mínimos de desempenho são indicados na tab 17. ... Os valores de referência Rw, obtidos em ensaios de laboratório, para a orientação a fabricantes e projetistas, também constam no anexo F.	Caderno 4 Item 12.3.1.2 pg 30	1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2- Normas de desempenho (NBR 15.575) 3- Planilha excel configurada para calcular o desempenho acústico	O prometeiro passo foi abrir a planilha "Cálculo Janelas - Vazio". Com a planilha aberta os valores foram sendo preenchidos na ordem solicitada. Com auxílio do comando "find" foi procurado a palavra chave "rw" em todas as planchas, porém apenas o rw da parede foi encontrado.	3m13s	Não foi informado o rw da janela isolada.	
Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações dinâmicas em sistemas de cobertura e em coberturas terraço acessíveis aos usuários 24 Critério - Impacto de corpo mole em sistemas de cobertura-terraço acessíveis aos usuários. Premissa de projeto - O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para Sistema de cobertura	Caderno 5 Item 7.3.1.2 pg 12	1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2- Norma de desempenho (NBR 15.575)	Foi feita uma varredura no projeto para encontrar itens que descrevam as informações solicitadas.	2m28s	O projeto não estabelece o tipo de utilização prevista para o sistema de cobertura.	
Total				1h19m31s		

Analista 2		Analista de projetos		Tempo na função: 2 anos e 2 meses		Escolaridade: Engenharia Civil - Superior Completo	
Função		26					
Idade		33/03/2017					
Data							
nº	requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
1	Desempenho Luminico Requisito - Iluminação Natural Comunicação com o exterior - Recomenda-se que a iluminação natural das salas de estar e dormitórios seja provida de vãos de portas ou janelas. No caso de janelas, recomenda-se que a cota do peitoril esteja posicionada no máximo a 100 cm do piso interno, e a cota de testeira do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme figura 1	Caderno 1, Item 13.2.6, pag 29	1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2- Normas de desempenho (NBR 15.575)	Nesse requisito foram verificadas todos os 4 arquivos disponíveis para a pesquisa. Após a localização da informação em questão, na planta, a verificação foi feita através da leitura das cotas existentes no corte B8. Após a leitura das cotas foi necessário comparar as alturas do peitoril e cotas das testeiras do vão máximo do projeto em relação aos valores mínimo estabelecidos pela ABNT NBR 15575. Foi utilizado o programa Autodesk Trueview para a leitura dos arquivos.	1m29s	O peitoril das janelas dos quartos e sala estão com 1,20m em relação a cota do piso interno. A cota da testeira do vão máximo das janelas dos quartos está com 2,39m.	
2	Desempenho Térmico Requisito - Aberturas para ventilação. Critério - Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam a legislação do local da obra incluindo códigos de obras, códigos sanitários e outros. Quando não ouer requisito de ordem legal para o local de implantação da obra devem ser indicados os valores adotados na tabela 15 - área mínima de ventilação e dormitórios e sala de estar. Para zona bioclimática 1 a 7 A>7% da área de piso. Para zona bioclimática 8 A>12% para região norte do Brasil A>8% região nordeste e sudeste do Brasil.	Caderno 4, Item 11.3.1, pag 27 e 28	1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2- Normas de desempenho (NBR 15.575) 3- Informação: o empreendimento esta na zona bioclimática 3	Foi verificado o arquivo referente ao projeto arquitetônico utilizado o programa Autodesk Trueview para a leitura. Foi verificada a área dos cômodos de permanência prolongada dos aptos. Temos duas variações de layout das paredes internas dos apartamentos. Uma variação é referente aos aptos com finais 01,02,07 e 08 e a outra é referente aos aptos com finais 03,04,05 e 06. Foi necessário conferir apenas a área dos cômodos de um apartamento de cada variação. Os aptos escolhidos foram o apto 101 e 103. A verificação foi feita com a informação da área do cômodo que já estava descrita em projeto. Foi necessário conferir as áreas das janelas dos cômodos de permanência prolongada dos aptos em questão. Através do quadro de esquadrias, foi verificado as dimensões das janelas e calculado a área das mesmas. Além disso, por se tratarem de janelas de correr com duas folhas, a área de ventilação das mesmas foi minorada em 50% devido a sobreposição das folhas da janela. Com as áreas em questão calculadas, foi necessário comparar a área de ventilação das janelas com as áreas de piso dos cômodos para verificar se as condições estabelecidas pela norma foram atendidas. Com as áreas calculadas, foi necessário comparar a área de iluminação das janelas com as áreas de piso dos cômodos para verificar se as condições estabelecidas pela norma foram atendidas.	9m54s	-	Todas as janelas avaliadas no método de verificação atenderam as áreas de ventilação estabelecidas pela ABNT NBR 15575

nº	requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações	
	<p>Desempenho: Funcionalidade e Acessibilidade</p> <p>Requisito - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação</p> <p>Critério - Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação - Para os projetos de arquitetura de unidades habitacionais, sugere-se prever no mínimo a disponibilidade de espaço nos cômodos da edificação habitacional para colocação e utilização dos móveis e equipamentos padião listados no anexo F. Tabela F1 - Móveis e equipamentos (resumo ambiente e mobiliário mínimo)</p> <p>quatro casal - cama casal + guarda roupa + criado mudo</p> <p>quatro solteiro - 02 camas solteiro + guarda roupa + criado mudo</p> <p>sala estar/jantar - sofá 2 ou 3 lug+estante TV+poltrona+mesa 4 lug</p> <p>cozinha - fogão+ geladeira + pia</p> <p>banho - vaso + box + lavatório</p> <p>área serviço - tanque + máquina de lavar</p> <p>Tabela F2 - dimensões mínimas mobiliário e circulação</p> <p>sofá 3 lug - 1,7 x 0,7 / sofá 2 lug - 1,2 x 0,7</p> <p>Numero de assentos mínimo dos sofás é determinado pela quantidade de hab. por unidade considerando o nº de letos:</p> <p>poltrona 0,5 x 0,4</p> <p>Estante/armário tv - 0,8 x 0,5</p> <p>mesa quadrada 4 lug - 1 x 1 / mesa quadrada 6 lug - 1,2 x 1,2</p> <p>mesa retangular 4 lug - 1,2 x 0,8 / mesa retangular 6 lug - 1,5 x 0,8</p> <p>pia - 1,2 x 0,5</p> <p>fogão - 0,55 x 0,60 / geladeira - 0,7 x 0,7</p> <p>cama casal - 1,4 x 1,9 / cama solteiro - 0,8 x 1,9</p> <p>criado mudo - 0,5 x 0,5 / guarda roupa - 1,6 x 0,5</p> <p>lavatório - 0,39 x 0,29 / vaso sanitário - 0,6 x 0,6 / box - 0,8 x 0,8</p> <p>tanque - 0,52 x 0,53 / máquina de lavar - 0,6 x 0,65</p> <p>Largura mínima da sala - 2,40m</p> <p>Largura mínima cozinha - 1,5m</p> <p>Largura mínima banheiro - 1,1m</p> <p>Espaço mínimo livre p/ circulação:</p> <p>frente do sofá - 90cm</p> <p>frente da pia, fogão e geladeira - 0,85m</p> <p>entre as camas - 60cm</p> <p>a partir da borda da mesa - 0,75m</p>			<p>Caderno 1</p> <p>Item 16.2.1</p> <p>Pg 35 e</p> <p>anexo F a G</p> <p>67 a 70</p> <p>1-arquivo do projeto</p> <p>arquitetônico em dwg</p> <p>2-Norma de desempenho (NBR 15.575)</p>	<p>Nesse requisito é importante ressaltar que a conferência foi feita na maioria dos subitens usando o método de amostragem devido ao grande volume de informações à serem conferidas. Para utilização de tal método, levou-se em consideração uma cuidadosa análise visual do projeto por parte do verificador e quantidade de repetição de cada item verificado nas plantas avaliadas. Segue abaixo descrição do método de verificação: Inicialmente foi aberto o arquivo com as plantas baixas do pavimento térreo e tipo no programa Autocadsk-Trueview. Foi utilizado o comando "Measure" para a conferência das dimensões. Para a conferência dos itens da F1, foi conferido cômodo por cômodo, em todos os aptos das duas plantas se o mobiliário listado estava ok. Para a conferência dos itens do F2, foi necessário aplicar o método de amostragem para agilizar a conferência. Importante ressaltar que foi feita uma análise visual do projeto e foi possível verificar uma padronização do mobiliário utilizado como referência nas plantas tanto do térreo como do tipo. Para a conferência das dimensões dos itens sofá, estante, pia, geladeira, cama de casal, lavatório, tanque e máquina de lavar, foram conferidas 50% das peças de cada tipo e as dimensões estavam ok. Para os outros 50%, assumiu-se que as dimensões também estavam ok. Lembrando que essa proporção se deve ao somatório do total de cada peça nas duas plantas verificadas (térreo e tipo). Para a conferência das dimensões dos itens cama de solteiro e criado, foram conferidas 25% das peças. Para os demais 75%, assumiu-se que as dimensões também estavam ok. Essa proporção se deve ao fato, dessas dois itens terem em maior quantidade dentro de cada apto em relação aos demais itens analisados. Lembrando que essa proporção se deve ao total de cada peça nas duas plantas verificadas (térreo e tipo). Para conferência da largura mínima dos cômodos, a conferência foi realizada através das cotas já existentes no projeto e análise visual do verificador. Para a análise do espaço mínimo livre para circulação, a conferência foi realizada através de análise visual e pelo comando Measure. Para os itens em que foram encontradas não-conformidades, foi necessária avaliação de apenas uma peça e assumiu-se que as demais também não estavam ok.</p>	<p>56m54s</p>	<p>Tabela F2</p> <p>Mesa de 4 lugares não atende, pois tem 96cm de largura.</p> <p>As salas dos aptos 101,102,107 e 108, no trecho da entrada do apto, não atendem a largura mínima, pois ficam com 1,27m.</p> <p>O espaço mínimo de circulação em frente a geladeira não atende, pois tem 71cm.</p> <p>O espaço mínimo de circulação em frente a pia não atende, pois tem 71cm.</p> <p>O espaço mínimo de circulação a partir da borda da mesa atende parcialmente, pois apenas em uma das 4 bordas da mesa, o espaço mínimo é atendido.</p>	

nº	requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
7	<p>Desempenho: Durabilidade</p> <p>Requisito - Vida Útil de projeto do edifício e do sistema que o compõem</p> <p>Critério - Vida Útil de projeto - O projeto deve especificar o valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na tabela 7, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham a durabilidade potencial compatível com a (VUP) a serem considerados nos projetos elaborados a partir da exigibilidade desta parte da ABNT NBR 15575. Tabela C7 - VUP mínima (resumo)</p> <p>pilares, vigas, lajas - 50 anos</p> <p>murros divisorios - 20 anos</p> <p>escadas externas - 20 anos</p> <p>paredes vedação externa - 40 anos</p> <p>paredes internas - 20 anos</p> <p>guarda-corpos - 20 anos</p> <p>estrutura cobertura - 20 anos</p> <p>telhamento - 13 anos</p> <p>calhas - 13 anos</p> <p>rufos - 8 anos</p> <p>revestimento interno aderido - 13 anos</p> <p>revestimento interno não aderido - 8 anos</p> <p>revestimento fachada - 20 anos</p> <p>piso externo - 13 anos</p> <p>pintura interna - 3 anos</p> <p>pintura externa - 8 anos</p> <p>impermeabilização manutível s/ quebra de revestimento - 4 anos</p> <p>impermeabilização manutível somente com quebra de revestimento - 20 anos</p> <p>esquadrias externas - 20 anos</p> <p>portas internas - 8 anos</p> <p>janelas internas - 8 anos</p> <p>portas externas - 13 anos</p> <p>portas corta-fogo - 13 anos</p> <p>fachadas alisadas - 4 anos</p>		<p>1- arquivo do projeto arquitetônico em dwg</p> <p>2- Norma de desempenho (NBR 15.575)</p>	<p>Nesse requisito foram verificadas todos os 4 arquivos disponíveis para a pesquisa. Foram analisadas todas as notas de projetos em busca de alguma especificação em relação ao valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) para um dos sistemas que o compõem. Após a localização da informação em questão, na planta foi necessário comparar os valores de VUP em relação aos valores mínimo estabelecidos pela ABNT NBR 15575.</p> <p>Foi utilizado o programa Autodesk Trueview para a leitura dos arquivos.</p>	1m23	<p>O valor de VUP especificado em projeto para portas externas (8 anos) é inferior ao estabelecido pela ABNT NBR 15575.</p>	

n°	requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
	Desempenho: Durabilidade Requisito - Vida útil de projeto das instalações sanitárias Premissa de projeto - Dada a complexidade e variedade dos componentes que constituem o sistema hidrosanitário e a fim que atenda a NBR15573:2003, tabela 7, considerando-se ainda que a vida útil também é função da agressividade do meio ambiente, das características intrínsecas dos materiais e dos solos, os componentes podem apresentar uma vida útil menor do que aquelas estabelecidas para o sistema hidrosanitário como vida útil de projeto. Assim, no projeto deve constar o prazo de substituição e manutenções periódicas pertinentes.	Caderno 6 Item 14.1.1.2 pg.16	1-arquivo do projeto de instalações hidráulicas em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575)	Nesse requisito foi verificado o arquivo com o projeto hidráulico e suas respectivas planilhas através de uma análise visual com enfoque na verificação da existência de informação do prazo de substituição e manutenções periódicas pertinentes. Foi utilizado o programa Autodesk Trueview para a leitura do arquivo.	3m52s	Não foi encontrado em nenhuma planta disponível para a pesquisa informação relativa as operações de manutenções periódicas pertinentes ou prazo de substituição das peças hidráulicas.	
9	Desempenho: Durabilidade Critério para vida útil de projeto dos sistemas de cobertura Premissas de projeto - O projeto deve constar o prazo de substituição e as operações de manutenções periódicas pertinentes.	Caderno 5 Item 14.1.2 pg 30	1-arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575)	Nesse requisito foram verificadas todos os 4 arquivos disponíveis para a pesquisa. Foram analisadas todas as notas de projetos em busca de alguma especificação em relação ao prazo de substituição e as operações de manutenções periódicas pertinentes. Foi utilizado o programa Autodesk Trueview para a leitura dos arquivos.	45s	Não foi encontrado em nenhuma planta disponível para a pesquisa informação relativa as operações de manutenções periódicas pertinentes.	
15	Desempenho: Segurança estrutural Requisito - Solicitações dinâmicas hidrosanitárias - Não provocar golpes e vibrações que impliquem risco a estabilidade estrutural. Critério - sobrepresse máxima quando da parada de bombas de recalque. Método de avaliação - Verificar a menção no projeto da velocidade do fluxo prevista. O projeto pode estabelecer acima de 10m/s, desde que previsto dispositivos redutores.	Caderno 6 Item 7.2.3.1 pg 8	1-arquivo do projeto de instalações hidráulicas em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575)	Nesse requisito foi verificado o arquivo com o projeto hidráulico e suas respectivas planilhas através de uma análise visual com enfoque na verificação da existência de informação da velocidade de fluxo ou detalhamento de algum dispositivo redutor de pressão. Foi utilizado o programa Autodesk Trueview para a leitura do arquivo.	6m23s	não foi encontrada informação referente a velocidade do fluxo que permitissem a análise da sobrepresse da bomba recalque, apesar de terem sido localizadas informações como altura manométrica, potência e vazão referente as bombas de recalque principal e reserva.	
21	Desempenho: Acústico Requisito - Níveis de ruído permitidos na habitação Níveis de desempenho mínimo - Os valores mínimos de desempenho são indicados na tab 17... Os valores de referência Rw, obtidos em ensaios de laboratório, para a orientação a fabricantes e projetistas, também constam no anexo F.	Caderno 4 Item 12.3.1.2 pg 30	1-arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575) 3-Planilha excel configurada para calcular o desempenho acústico 4-Informação: Empreendimento se encontra na classe I de ruído	Nesse requisito foi verificado o arquivo referente ao projeto arquitetônico. Foi utilizado o programa Autodesk Trueview para a leitura do arquivo. Também foi utilizada a planilha "Cálculo Janelas -Vazio" para auxílio na determinação do nível de desempenho acústico dos painéis com as janelas dos cômodos dos quartos dos apartamentos. Temos apenas duas variações de layout das paredes internas dos apartamentos. Uma variação é referente aos aptos com finais 01, 02, 07 e 08 e a outra é referente aos aptos com finais 03, 04, 05 e 06. Logo foi necessário conferir apenas um apartamento de cada variação. Os aptos escolhidos foram o apto 101 e 103. Pela tabela "Cálculo Janelas -Vazio" é necessário levantar as seguintes informações do projeto: pé direito, espessura da parede que a janela está localizada, dimensões das janelas, RW da janela isolada e RW da parede isolada. Os quartos dos apartamentos em questão, possuem janelas com as mesmas dimensões, no caso 1,19 x 1,19m, paredes com a mesma espessura e pé direito igual. Então foi necessário realizar apenas uma verificação de D2m,n,T,W (Diferença padronizada de nível ponderada a 2m de distância da fachada). Então, com o D2m,n,T,W calculado foi necessário comparar com o estabelecido pela norma de acordo a classe de ruído do projeto para verificar a eficiência acústica do projeto.	2m35s	O resultado obtido através da verificação pela tabela "Cálculo Janelas -Vazio" indicou que as janelas utilizadas nos quartos analisados não atenderam o D2m,n,T,W mínimo exigido pela ABNT NBR 15575 para a classe de ruído I, chegando a 17,70 db, sendo que o mínimo especificado é de 20 db.	

nº	requisito	localização na norma	documentos disponibilizados	método de verificação	tempo gasto	não conformidades encontradas	observações
24	<p>Desempenho: Segurança estrutural</p> <p>Requisito - Solicitações dinâmicas em sistemas de cobertura e em coberturas terraço acessíveis aos usuários</p> <p>24 Critério - Impacto de corpo mole em sistemas de cobertura-terraço acessíveis aos usuários.</p> <p>Premissas de projeto - O projeto deve estabelecer o tipo de utilização prevista para sistema de cobertura</p>	<p>Cademo 5 item 7.3.1.2 pg.12</p>	<p>1-arquivo do projeto arquitetônico em dwg 2-Norma de desempenho (NBR 15.575)</p>	<p>Nesse requisito foram verificadas todos os 4 arquivos disponíveis para a pesquisa. Foram analisadas todas as notas de projetos em busca de alguma especificação em relação ao tipo de utilização do sistema de cobertura. Foi utilizado o programa Autocadk Trueview para a leitura dos arquivos.</p>	4m10s	<p>Não foi encontrado em nenhuma planta disponível para a pesquisa informação relativa ao tipo de utilização prevista para o sistema de cobertura. Foi verificado que no diagrama de cobertura temos apenas o material a ser utilizado para a cobertura (telha de fibrocimento com sua respectiva inclinação).</p>	
Total					1h27m4s		

ANEXO A – Lista Templates Padrões do Solibri Model Checker 9.6

SOLIBRI MODEL CHECKER 9.6			
LISTA COMPLETA - TEMPLATES DE REGRAS			
ID	Nome ENG	Nome POR	Descr
SOL 1	General Intersection Rule	Regra Geral de Intersecções	Esta regra checa a intersecção entre componentes. O usuário pode configurar quais componentes a regra irá checar e como isto será feito.
SOL 11	Model Should Have Components	Componentes Necessários no Modelo	Esta regra checa se o modelo contém componentes de tipos selecionados. Também checa se os componentes possuem um tipo de construção.
SOL 111	Floor and Gross Area Analysis	Análise de Área do Andar e Área Total	Esta regra checa 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 checa se a área de espaços específicos está dentro de limites predefinidos
SOL 161	Distances Between Spaces	Distâncias Entre Espaços	Esta regra checa 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 checa 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 checa se os componentes estão atribuídos aos layers corretos.
SOL 171	Component Property Values Must Be Consistent	Medidas de Componentes Devem ser Consistentes	Esta regra checa 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	Esta regra checa 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 checa 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 checa se todos os grupos de espaços possuem uma quantidade requerida de determinados tipos de espaços.
SOL 176	Model Structure	Estrutura do Modelo	Esta regra checa se o modelo inclui um edifício e andares com nomes únicos. Também checa se todos os componentes estão contidos em algum andar e se todos os andares possuem componentes. E finalmente também checa se todas as janelas e portas estão contidas em paredes.

ID	Nome ENG	Nome POR	Descr
SOL 179	Escape Route Analysis	Análise de Rota de Saída	Esta regra checa 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 checa 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 Compartmento de Fogo Deve Estar Dentro de Limites	Esta regra checa 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 checa se todos os espaços do modelo estão incluídos em compartimentos de fogo.
SOL 202	Space Validation	Validação de Espaços	Esta regra checa se a geometria e localização dos espaços estão corretas. Checa 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 checa a altura dos espaços e intersecções com outros componentes.
SOL 203	Required Property Sets	Propriedades Requeridas	Esta regra checa se o modelo contém os conjunto de propriedades e as propriedades requeridas. Também checa 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.
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).

ID	Nome ENG	Nome POR	Descr
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 cheçadas.
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.

ID	Nome ENG	Nome POR	Descr
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.
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 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 Seleccionada	Esta regra checa se apenas os valores de propriedades pré-escolhidos estão em uso no modelo.

Fonte: Cad Technology (Empresa representante do SMC no Brasil)