



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO NÍVEL SUPERIOR DA
NORMA DE DESEMPENHO EM EDIFICAÇÃO
RESIDENCIAL EM NOVO HAMBURGO/RS**

JONAS LEONARDO PESSANHA DE SOUZA

São Leopoldo, Outubro de 2016.

JONAS LEONARDO PESSANHA DE SOUZA

**DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO NÍVEL SUPERIOR DA
NORMA DE DESEMPENHO EM EDIFICAÇÃO
RESIDENCIAL EM NOVO HAMBURGO/RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern

Coorientador: Prof. Dr. Bernardo Fonseca
Tutikian

Banca examinadora: Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira
Andery

Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano

S729d

Souza, Jonas Leonardo Pessanha de.

Desafios na implantação do nível superior da norma de desempenho em edificação residencial em Novo Hamburgo/RS / Jonas Leonardo Pessanha de Souza. – 2016.

111 p. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2016.

“Orientador: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern ; coorientador: Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian.”

1. NBR 15.575/2013. 2. Norma de desempenho. 3. Nível superior. 4. Certificação de edifício. I. Título.

CDU 624

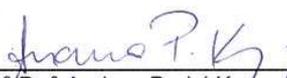
A dissertação de mestrado

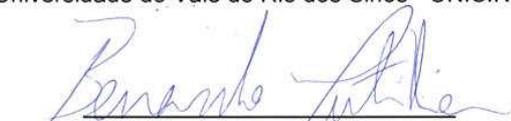
**“DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO NÍVEL SUPERIOR DA NORMA DE DESEMPENHO EM
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL”**

apresentada por **Jonas Leonardo Pessanha de Souza**

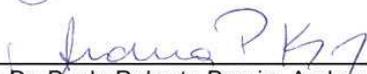
foi julgada e aprovada como atendimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL pela seguinte banca examinadora:


Prof.ª Dr.ª Andrea Parisi Kern
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS


Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian
Coorientador
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS


Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS


Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
(participação por webconferência*)

** Na presente sessão, fica a orientadora autorizada a assinar pelo professor que integra a banca via webconferência*

São Leopoldo, 20 de outubro de 2016.

Dedico este trabalho à minha mãe Ana pelo amor, incentivo e suporte incondicional e à minha companheira Sylvia que é o amor da minha vida.

Aos meus familiares, amigos e colegas que acreditaram em mim e colaboraram para que eu pudesse realizar este trabalho, que é um sonho para mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Andrea Parisi Kern e ao meu coorientador Bernardo Fonseca Tutikian, pois eles acreditaram em mim e contribuíram muito para meu crescimento. Ambos me apoiaram e doaram tempo, paciência e conhecimento. Também indicaram diretrizes, sugestões e soluções importantes para o desenvolvimento deste trabalho. Certamente sem eles não teria sido possível a realização deste trabalho.

À minha família, que sempre me apoiou, acreditou no meu potencial e que sofreu (assim como eu) com a minha ausência. Em especial à minha mãe Ana Maria Rosa Pessanha por todo o suporte e carinho doado e à minha amiga e companheira Sylvia Correa de Mello, pois seu apoio e carinho deram acalento e energia para mim nos momentos em que mais precisei.

Aos professores que compartilharam seu conhecimento comigo. Aos funcionários e colaboradores da UNISINOS que me auxiliaram em diversas questões relacionadas à universidade.

Aos colegas do ITT Performance que doaram seu tempo, paciência, conhecimento, muitas informações e que me apoiaram para a realização este trabalho.

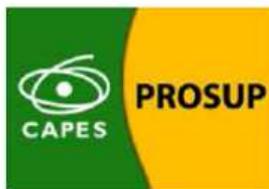
Aos colegas da Incorporadora que me deram a oportunidade de conhecer um pouco mais sobre a área da construção civil.

Aos órgãos de fomento à pesquisa, CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e do programa PROSUP, pelo financiamento da pesquisa.

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA



Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
Nível Superior - CAPES



Programa de Suporte à Pós-Graduação de
Instituições de Ensino Particulares - Cursos Novos -
PROSUP

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	17
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	18
1.2	ESTRUTURA DA PESQUISA.....	18
2	ABORDAGEM DE DESEMPENHO – CARACTERÍSTICAS, HISTÓRIA E PANORAMA INTERNACIONAL	20
2.1	A NORMA DE DESEMPENHO E SUAS PARTES	23
2.1.1	<i>NBR 15.575-1 - Requisitos gerais</i>	23
2.1.1.1	<i>Importância e responsabilidade dos agentes envolvidos</i>	25
2.1.1.2	<i>Segurança contra incêndio</i>	26
2.1.1.3	<i>Desempenho térmico</i>	27
2.1.1.4	<i>Desempenho acústico</i>	27
2.1.1.5	<i>Durabilidade e manutenibilidade</i>	28
2.1.2	<i>NBR 15.575-2 - Sistemas estruturais</i>	31
2.1.3	<i>NBR 15.575-3 - Sistemas de pisos</i>	33
2.1.4	<i>NBR 15.575-4 - Sistemas de vedação vertical interno e externo</i>	35
2.1.5	<i>NBR 15.575-5 - Sistemas de coberturas</i>	38
2.1.6	<i>NBR 15.575-6 - Sistemas hidrossanitários</i>	39
2.2	IMPACTOS DA NORMA DE DESEMPENHO E O CENÁRIO NACIONAL	41
2.3	APLICABILIDADE DA NORMA DE DESEMPENHO	46
2.3.1	<i>Segurança contra incêndio</i>	47
2.3.2	<i>Desempenho térmico</i>	49
2.3.3	<i>Desempenho acústico</i>	53
2.3.4	<i>Desempenho lumínico</i>	55
2.3.5	<i>Durabilidade e manutenibilidade</i>	56
3	METODOLOGIA	60
3.1	DESCRIÇÃO DA OBRA OBJETO DE ESTUDO	60
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	62
3.2.1	<i>Etapa 1 – Análise quali-quantitativa da norma de desempenho</i>	63
3.2.2	<i>Etapa 2 – Análise das principais mudanças e desafios observados na implantação do nível superior da norma</i>	65
4	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
4.1	ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA NORMA DE DESEMPENHO	67
4.1.1	<i>Análise quantitativa dos critérios de avaliação</i>	67
4.1.2	<i>Critérios de avaliação que estabelecem níveis de atendimento</i>	69
4.1.3	<i>Análise qualitativa da norma de desempenho</i>	72
4.1.3.1	<i>Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-1 – requisitos gerais</i>	73
4.1.3.2	<i>Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-2 – sistemas estruturais</i>	73
4.1.3.3	<i>Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-3 – sistemas de pisos</i>	74
4.1.3.4	<i>Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-4 – sistemas de vedação</i>	74
4.1.3.5	<i>Relações com critérios pouco exigentes</i>	76
4.2	ANÁLISE DAS PRINCIPAIS MUDANÇAS E DESAFIOS OBSERVADOS NA IMPLANTAÇÃO DO NÍVEL SUPERIOR DA NORMA	76
4.2.1	<i>Desempenho estrutural</i>	77
4.2.1.1	<i>Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos</i>	77
4.2.1.2	<i>Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento do nível superior da ND</i>	79
4.2.2	<i>Segurança contra incêndio</i>	81
4.2.2.1	<i>Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos</i>	81
4.2.2.2	<i>Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento do nível superior da ND</i>	84
4.2.3	<i>Estanqueidade</i>	85

4.2.3.1	<i>Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos.....</i>	85
4.2.3.2	<i>Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento do nível superior da ND</i>	87
4.2.4	<i>Desempenho térmico</i>	88
4.2.4.1	<i>Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos.....</i>	88
4.2.4.2	<i>Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento do nível superior da ND</i>	89
4.2.5	<i>Desempenho acústico</i>	90
4.2.5.1	<i>Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos.....</i>	90
4.2.5.2	<i>Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento do nível superior da ND</i>	91
4.2.6	<i>Durabilidade e manutenibilidade</i>	93
4.2.6.1	<i>Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos.....</i>	93
4.2.6.2	<i>Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento do nível superior da ND</i>	96
5	CONCLUSÃO.....	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Histórico das principais iniciativas internacionais de normas de desempenho.....	22
Tabela 2 – Exemplos de VUP para sistemas e componentes da edificação.	30
Tabela 3 – Comparação entre a ISO 21931, o selo AQUA, a NBR 15575 e a certificação LEED.	45
Tabela 4 – Parametros sugeridos de cobrimento nominal considerando requisitos de durabilidade e segurança contra incêndio.	48
Tabela 5 – Parametros sugeridos de classe de concreto, relação água-cimento e consumo de cimento.....	49
Tabela 6 – Comparativo de soluções adotadas para melhoria do desempenho térmico segundo requisitos da Casa Azul.....	51
Tabela 7 – Valores internacionais de referência de nível de isolamento de ruído aéreo entre unidades habitacionais	54
Tabela 8 – Recomendações para especificação de concretos em estruturas enterradas que visam atender ao VUP de 75 anos	57
Tabela 9 – Diretrizes para o atendimento ao critério de manutenibilidade ao longo do processo de projeto.....	61
Tabela 10 – Distribuição da quantidade de critérios de avaliação da ND em função dos aspectos e das partes da Norma.....	67
Tabela 11 – Comparação entre quantidade total de critérios e total de critérios com níveis de atendimento	69
Tabela 12 – Avaliação da complexidade do atendimento de critérios de avaliação em função dos aspectos e das partes da Norma	72
Tabela 13 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de desempenho estrutural e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona	78
Tabela 14 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de desempenho estrutural.....	80
Tabela 15 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de segurança contra incêndio e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona	82
Tabela 16 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de segurança contra incêndio.....	84
Tabela 17 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de estanqueidade e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona	85
Tabela 18 – Principais mudanças e agentes envolvidos em relação aos critérios de estanqueidade	87
Tabela 19 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de desempenho térmico e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona	88
Tabela 20 – Principais mudanças e responsáveis em relação ao desempenho térmico	89
Tabela 21 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de desempenho acústico e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona	90
Tabela 22 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de desempenho acústico.....	92
Tabela 23 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de durabilidade e manutenibilidade e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona	93
Tabela 24 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de durabilidade e manutenibilidade	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Características e divisões da norma de desempenho.....	20
Figura 2 – Principais aspectos da NBR 15.575-1 - requisitos gerais.	24
Figura 3 – Desempenho ao longo do tempo (Vida Útil de Projeto – VUP).....	29
Figura 4 – Principais aspectos da NBR 15.575-2 - sistemas estruturais	31
Figura 5 – Relações da NBR 15.575-2 - sistemas estruturais com outras normas e regras	32
Figura 6 – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.....	33
Figura 7 – Principais aspectos da NBR 15.575-3 - sistemas de pisos	34
Figura 8 – Principais aspectos da NBR 15.575-4 - sistemas de vedação	36
Figura 9 – Principais aspectos da NBR 15.575-5 - sistemas de cobertura	38
Figura 10 – Principais aspectos da NBR 15.575-6 - sistemas hidrossanitários.....	40
Figura 11 – Critérios internacionais para isolamento de ruído aéreo em partições verticais ...	54
Figura 12 – Imagem renderizada do edifício.....	60
Figura 13 – Fotografia da obra em junho de 2016	60
Figura 14 – Planta baixa do pavimento térreo.....	61
Figura 15 – Planta baixa dos pavimentos tipo.....	61
Figura 16 – Planta baixa do primeiro pavimento do <i>LOFT</i>	62
Figura 17 – Planta baixa do segundo pavimento do <i>LOFT</i>	62
Figura 18 – Delineamento da pesquisa.....	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quantidade de critérios em cada parte da ND.	68
Gráfico 2 – Quantidade de critérios em cada aspecto da ND.	68
Gráfico 3 – Comparação entre a quantidade de critérios com níveis com a quantidade total, organizado pelas partes da Norma.	71
Gráfico 4 – Proporção entre os critérios do aspecto de desempenho estrutural e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos.	79
Gráfico 5 – Proporção entre os critérios do aspecto de segurança contra incêndio e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos.	83
Gráfico 6 – Proporção entre os critérios de estanqueidade e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos.	86
Gráfico 7 – Proporção entre os critérios de desempenho acústico e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos.	91
Gráfico 8 – Proporção entre os critérios de durabilidade e manutenibilidade e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos.	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAIXA	Caixa Econômica Federal
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIB	<i>Council International for Building</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
ECE	<i>Economic Commission for Europe</i>
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i>
ICC	<i>International Code Council</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas (São Paulo)
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
MCMV	Minha Casa Minha Vida
ITA	Instituição Técnica Avaliadora
PSQ	Programa Setorial de Qualidade
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
CTE	Centro de Tecnologia de Edificações
VUP	Vida Útil de Projeto
MUOM	Manual de Uso, Operação e Manutenção
DATEC	Diretriz de Avaliação Técnica
TRRF	Tempo Requerido de Resistência ao Fogo
SVVIE	Sistema de Vedação Vertical Interno e Externo

RESUMO

SOUZA, J. L. P.; **Desafios na implantação do nível superior da norma de desempenho em edificação residencial em novo Hamburgo/RS**. São Leopoldo, 2016. p. 111. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2016.

Com o objetivo de melhorar o desempenho das edificações, seguindo tendência mundial, a NBR 15.575/2013 foi desenvolvida. Conhecida como Norma de Desempenho (ND), ela define critérios mínimos, intermediários e superiores e métodos de avaliação do desempenho das edificações habitacionais. A partir de julho de 2013 o atendimento a esta norma passou a ser obrigatório no território nacional, segundo o Código Civil e o Código de Defesa ao Consumidor (Lei nº 8.078/90). Entretanto, há resistências para adoção, visto que, dependendo do tipo de edificação, são necessárias inúmeras mudanças que dependem de todos os envolvidos do setor. O objetivo deste trabalho foi identificar as principais mudanças e desafios na implantação do nível superior da ND em uma edificação habitacional na cidade de Novo Hamburgo/RS, através de um estudo de caso realizado em duas etapas. A primeira etapa consistiu na análise quali-quantitativa da ND em relação à edificação estudada e a segunda etapa compreende uma análise das principais mudanças e desafios observados na implantação do nível superior da Norma. Na primeira etapa demonstrou-se a distribuição dos 155 critérios e definiram-se as relações entre partes e aspectos da norma que são mais difíceis de atender a Norma. A segunda etapa foi realizada em duas atividades. Na primeira foram analisados 101 critérios nos 6 aspectos considerados mais complexos, como desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico e durabilidade e manutenibilidade. Foi possível identificar como estes critérios se relacionam com as etapas da obra e agentes envolvidos. Quanto às etapas da obra destacaram-se os projetos complementares, execução do revestimento das paredes, execução das instalações, projeto arquitetônico e execução de pisos. Em relação aos agentes destacaram-se os projetistas, a ITA e os fornecedores. Por fim, na segunda atividade, observaram-se as principais alterações e desafios na implantação da ND. No aspecto de segurança contra incêndio identificou-se a necessidade da realização de ensaios de reação e resistência ao fogo. Quanto à estanqueidade foram realizados ensaios de infiltração de água em fachadas e de umidade em vedações. Em relação ao desempenho térmico foi necessária a simulação térmica de toda a edificação. Quanto à durabilidade e manutenibilidade observou-se a necessidade de detalhamentos e especificações para atingir ao VUP dos sistemas. O desempenho estrutural exigiu mudanças na estrutura, como novos parâmetros para o cobrimento e classe do concreto, controle tecnológico total e ensaios de resistência. O desempenho acústico foi o que motivou as maiores alterações na edificação, como o uso de mantas acústicas no piso e blocos estruturais preenchidos com argamassa com grande proporção de areia. Identificou-se que, em geral, os maiores desafios foram a execução de ensaios, análises para avaliação do desempenho de sistemas ou da edificação e mudanças nos sistemas para atender a ND.

Palavras-chave: NBR 15.575/2013, norma de desempenho, nível superior, certificação de edifício.

ABSTRACT

SOUZA, J. L. P.; **Challenges in implantation of the higher level of performance standard in residential building in Novo Hamburgo / RS.** São Leopoldo, 2016. p. 111. Masters Dissertation (Master Degree in Civil Engineering) – Postgraduate Civil Engineering Program, Unisinos, São Leopoldo.

Aiming to improve the building performance, following a worldwide trend, NBR 15.575/2013 has been developed. Known as Performance Standard (PS), it defines minimum, intermediate and higher criteria and performance evaluation methods of residential buildings. In July 2013, compliance with this standard became mandatory in the national territory, according to the Civil Code and Consumer Protection Code (Law number 8.078/90). However, there's a resistance to its adoption, because depending on the type of building, several changes that depend on everyone involved in the engineering industry are necessary. The objective of this study was to identify the main changes and challenges for the implementation of the higher level of PS in a residential building in the city of Novo Hamburgo/RS, based on a case study carried out in two stages. The first stage consisted of a quantitative and qualitative analysis of the PS in relation to the studied building and the second stage consisted of an analysis of the major changes and challenges observed in the implementation of the Standard at the higher level. In the first stage, was demonstrated the distribution of 155 criteria and define the relationships between parts and aspects of the standard that make them more difficult to comply with the standard. The second stage was carried out in two activities. In the first one was analyzed 101 criteria in six aspects which are considered more complex, such as structural performance, fire safety, tightness, thermal performance, acoustic performance and durability and maintainability. It was possible to identify how these criteria relate to the stages of the construction and stakeholders. In relation to the construction steps, the highlights are complementary projects, implementation of lining on the walls, implementation of installations, architectural design and construction of floors. In relation to the staff, the highlights are designers, the technical institution of evaluation and suppliers. Finally, in the second activity, was observed the main changes and challenges in the implementation of the PS. In terms of fire safety, was identified the need to carry out tests of reaction and fire resistance; in tightness, water infiltration tests on facades and humidity fences were performed; in thermal performance, thermal simulation of all building was necessary; in durability and maintainability, was observed the need to detail and specify systems that achieve the project usefulness. The structural performance required changes in the structure, such as new parameters for the coating and type of concrete, full technological control and resistance tests. The acoustic performance motivated the greatest changes in the building, such as the use of acoustic blankets on the floor and building blocks filled with mortar and a large proportion of sand. Was found that, in general, the larger challenges were performing tests, analysis for evaluation of system or edification performance and changes in the systems to comply with the PS.

Key-words: NBR 15.575/2013, performance standard, higher level, building certification.

1 INTRODUÇÃO

A implantação de políticas públicas para diminuir o déficit habitacional e fomentar a indústria da construção civil impulsionou um crescimento no setor. No entanto, segundo Nakamura (2012), em todo o país inúmeros proprietários queixavam-se de vícios construtivos e baixa qualidade das construções entregues. Neste cenário de desenvolvimento do setor e preocupação com a qualidade das edificações foi criada a NBR 15.575/2013, conhecida como a norma de desempenho (ND).

O objetivo desta norma é estabelecer exigências para edificações habitacionais quanto ao seu comportamento em uso e necessidades dos usuários. A Norma contém requisitos qualitativos, critérios quantitativos ou premissas e métodos de avaliação que permitam a conferência do seu cumprimento (ABNT, 2013). Estes critérios estão definidos em três níveis: mínimo, intermediário e superior. Há uma expectativa que haja um aumento na exigência do cumprimento desta norma e uma melhoria na qualidade das construções. Segundo a Caixa Econômica Federal (CAIXA, 2014), maior financiadora habitacional do país, a ND pode trazer mais qualidade para as construções e alega exigir seu atendimento em contratos.

Esta norma define os níveis de desempenho mínimos, independente dos materiais e métodos construtivos utilizados, portanto difere da abordagem prescritiva da maioria das normas em vigor. Assim, a partir da abordagem de desempenho, a ND incentiva o desenvolvimento tecnológico, a criação de novos sistemas e a melhoria dos já consagrados. Foliente (2000) indica que essa mudança de abordagem prescritiva para desempenho é um esforço mundial para a melhoria das normas e códigos da construção civil, segundo o autor, pode garantir a inovação, a melhoria, a confiabilidade nos resultados e uma melhor comparação entre sistemas.

O atendimento às normas em vigor é obrigatório e previsto na legislação. Por exemplo, está definido na Lei nº 8.078/90, Código de Defesa do Consumidor, que é proibido ao fornecedor colocar no mercado qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas técnicas (art. 39), estando sujeito a multa, interdição e outras penalidades (art. 18). Já a Lei nº 8.666/93, Lei das licitações, obrigatória para órgãos públicos realizarem contratações, estipula que os projetos devem estar de acordo com as normas técnicas.

A NBR 15.575/2013 é dividida em partes e aspectos de desempenho. As partes da Norma se relacionam aos sistemas que compõem a edificação: estruturas, pisos, vedações, coberturas e instalações hidrossanitárias. Os aspectos de desempenho são agrupamentos de critérios técnicos em relação à função desejada, como segurança estrutural, segurança contra incêndio, durabilidade, desempenho térmico, desempenho acústico e outros. A questão ambiental é tratada pela Norma a partir da sugestão da otimização de materiais e recursos naturais. Numa perspectiva mais ampla, edificações que atendam a esta norma tendem a diminuir a necessidade de reformas, evitando a geração de resíduos de construção e demolição (RCD), pois devem atender aos critérios de durabilidade e manutenibilidade.

A motivação deste trabalho ocorreu da oportunidade de acompanhar uma construção que é considerada uma das primeiras obras no Brasil a buscar a certificação no nível superior da NBR 15.575/2013 (PORTAL ITAMBÉ, 2015). Visto que este é um tema atual, de interesse crescente e que está ligado à melhoria da qualidade das edificações, surgiu o interesse em investigar, desenvolver conhecimento sobre o assunto e verificar as dificuldades para implantação da norma, alterações nos processos e responsabilidades dos envolvidos.

A aplicação da norma envolve desafios e mudanças nos processos de projeto e produção, na cadeia de fornecedores e na fiscalização. Considerando que a norma passou a ser exigida a partir de julho de 2013 e que pode estar enfrentando resistência para adoção no mercado da construção civil, embora se tenha a expectativa de inúmeras vantagens em seu cumprimento para o setor como um todo, torna-se importante este estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é identificar as principais mudanças e desafios na implantação do nível superior da norma de desempenho durante a fase de produção de uma edificação habitacional, em relação à produção de obras sem essa preocupação.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Analisar os aspectos e critérios de desempenho da ND e como estão distribuídos nas partes que compõe o documento;
- Classificar quais as relações entre aspectos e partes da Norma possuem critérios mais difíceis de serem atendidos;
- Indicar as principais relações entre a ND e a edificação, como: critérios, métodos de avaliação, etapas da obra e agentes envolvidos;
- Identificar as principais mudanças e desafios observados na obra para atendimento do nível superior da Norma.

1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos. O capítulo 1 apresenta uma introdução ao tema, objetivos e apresentação da estrutura da pesquisa.

No capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica. Apresenta mais informações sobre o tema, como: características da NBR 15.575/2013, histórico e panorama internacional sobre a abordagem de desempenho, impactos da ND e cenário nacional, estudo da Norma e aplicabilidade da ND.

O capítulo 3, metodologia, especifica a estratégia, as ferramentas e a delimitação da pesquisa. Também descreve as etapas, os objetos de estudo e as bases de informações e fontes de evidências.

No capítulo 4 os resultados obtidos são apresentados e analisados. Encontra-se dividido em duas partes, a primeira trata-se de uma análise quali-quantitativa da Norma e a segunda uma análise das principais mudanças e desafios observados na implantação do nível superior da Norma.

Por fim, no capítulo 5, estão descritas as considerações finais, conclusões obtidas e as recomendações para realização de trabalhos futuros.

1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Esta pesquisa se limita a investigar os desafios decorrentes da implantação da NBR 15.575/2013, nível superior, durante a fase de execução de uma obra residencial vertical. Portanto, a fase de projeto e a fase de uso não fazem parte do escopo desta dissertação. O trabalho também não tem o objetivo de discutir as soluções adotadas pela empresa construtora. Devido ao trabalho ser realizado durante a fase de execução da obra e ter terminado antes da obra terminar, pode haver diferença entre as definições finais e as soluções apontadas no trabalho.

2 ABORDAGEM DE DESEMPENHO - CARACTERÍSTICAS, HISTÓRIA E PANORAMA INTERNACIONAL

A norma de desempenho (ND) foi desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com participação de setores envolvidos na cadeia da construção civil, tais como projetistas, fabricantes, fornecedores, usuários, universidades, laboratórios, entre outros. A Norma está dividida em seis partes: NBR 15.575-1 - requisitos gerais, NBR 15.575-2 - sistemas estruturais, NBR 15.575-3 - sistemas para pisos, NBR 15.575-4 - sistemas de vedações verticais, NBR 15.575-5 - sistemas de coberturas e NBR 15.575-6 - sistemas hidrossanitários. O desempenho desses sistemas depende das características dos materiais utilizados e suas ligações, das técnicas construtivas empregadas e da capacitação da mão de obra executiva, como observa-se no centro da Figura 1. A Figura 1 ilustra as partes da norma e as relações que resultam no desempenho.

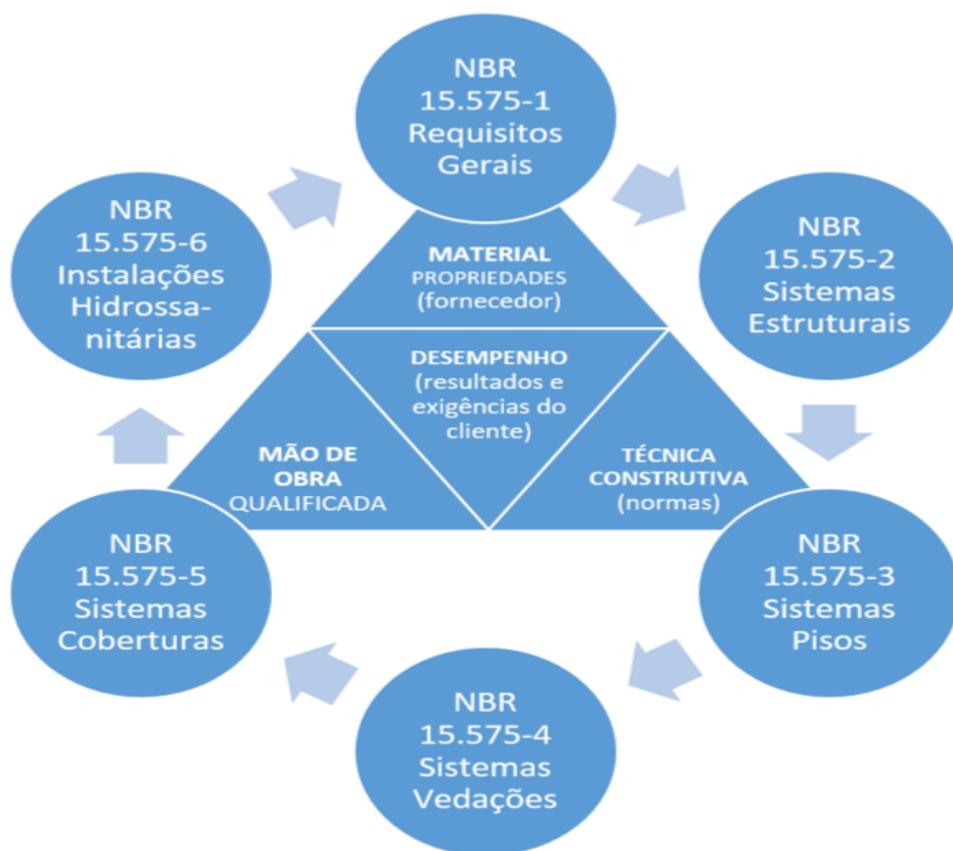


Figura 1 – Características e divisões da norma de desempenho

A ND apresenta uma abordagem focada nos resultados desejados, enquanto a abordagem prescritiva, utilizada na maioria das normas técnicas, indica as soluções aceitáveis através do conhecimento empírico dos materiais utilizados. Logo, as normas prescritivas

tendem a ser mais fáceis de serem aplicadas e controladas, no entanto geram dúvidas quanto ao seu desempenho, principalmente ao se comparar sistemas diferentes (FOLIENSTE, 2000).

Assim, a abordagem de desempenho é relevante, visto que é preciso garantir o adequado desempenho de cada parte, a importância de comparação de resultados entre diferentes sistemas, o impulso ao desenvolvimento dos sistemas atuais e a criação de novas tecnologias (FOLIENSTE, 2000).

Em 1925, foi publicado nos Estados Unidos um relatório intitulado *Prática Recomendada para Arranjo de Códigos de Construção*, que dizia: “Sempre que possível, os requisitos devem ser expressos em termos de desempenho, com base em resultados de ensaios para condições de serviço, em vez de em dimensões, métodos ou materiais específicos.” (FOLIENSTE, 2000).

Segundo Blachere (1967), na década de 60, o *Council International for Building* – CIB (Conselho Internacional para Edificação) começou os primeiros debates acerca de desempenho nas edificações. Em 1970, o CIB criou a comissão de trabalho CIB W60 *The Performance Concept in Building* (O Conceito de Desempenho na Edificação) com o objetivo de definir o desempenho dos edifícios em âmbito internacional.

Desde 1980 são lançadas normas da *International Standards Organization* - ISO (Organização Internacional de Normas) com o enfoque de desempenho, como a ISO 6240/1980 e 6241/1984 *Performance Standards in Building* (Normas de Desempenho em Edificações). Na Europa tem-se desenvolvido, através da *Economic Commission for Europe* – ECE (Comissão Econômica para Europa), vários *Compendium of Model Provisions for Building Regulations* (Compêndio de Modelos de Disposições para Regras de Construção) que, desde 1984, já utilizam requerimentos em desempenho, além dos Eurocódigos como o EN 1990 de 2002 (bases para projetos estruturais), através do *Comité Européen de Normalisation* – CEN (Comitê Europeu de Normas).

Em 1994, o *International Code Council* – ICC (Conselho Internacional de Normas) desenvolveu o único código de construção dos Estados Unidos, o *ICC Performance Code for Buildings and Facilities* (Código de Desempenho para Edifícios e Instalações). No Canadá, em 2005, foi publicado o *Objective-Based Building Code* (Código Baseado no Objetivo do Edifício). Desde 1997 o ISO/TC 59/SC 15 – *Technical Committee 59/Standards Catalogue 15 - Performance Description of Houses* (Comitê Técnico nº. 59, Catálogo de Padrões nº. 15 - Descrição de Desempenho das Casas) desenvolve normas de desempenho

com participação de diversos países (8 países participantes e 11 em observação), a exemplo da ISO 15.928 em estágio de publicação (estágio 60.60). A Espanha criou o Código Técnico das Edificações (CTE), em 2006 (SILVA, 2014).

A discussão sobre a ND brasileira iniciou de um projeto de pesquisa financiado pela CAIXA, em 2000, denominado Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores, que partiu de trabalhos publicados pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas – São Paulo) de 1981 e 1998, e o Manual de Avaliação da CAIXA, de 2000. Em 2008, a Norma foi publicada para aplicação em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Porém, após diversas reavaliações, foi publicada em 19 de fevereiro de 2013, passando a ser exigida a partir de 19 de julho de 2013, para todas as edificações residenciais.

A Tabela 1 resume o histórico das principais iniciativas nacionais e internacionais de documentos com o enfoque em desempenho.

Tabela 1 –Histórico das principais iniciativas internacionais de normas de desempenho

Ano	1925	1960 (década)	1980 (década)	1984	1994
Origem	EUA	Internacional	Internacional	Europa	EUA
Organização	-	CIB	ISO	ECE	ICC
Documento	Prática Recomendada para Arranjo de Códigos de Construção	Comissão CIB W60 - Conceito de Desempenho na Edificação	ISO 6240/1980 e ISO 6241/1984	Compêndio de Modelos de Disposições para Regras de Construção	Código de Desempenho para Edifícios e Instalações
Observação	Sempre que possível os requisitos devem ser expressos em termos de desempenho	Definir o desempenho dos edifícios em âmbito internacional	Normas de Desempenho em Edificações	Conjunto de soluções e regras para construção	Código único de construção dos Estados Unidos
Ano	2002	2005	2006	2013	2015
Origem	Europa	Canadá	Espanha	Brasil	Internacional
Organização	CEN	-	-	ABNT	ISO
Documento	Eurocodes, ex. EN 1990/2002 (bases para projetos estruturais)	Código Baseado no Objetivo do Edifício	Código Técnico das Edificações	NBR 15.575 Edificações habitacionais – Desempenho	ISO 15.928
Observação	Códigos que já previam requerimentos em função de desempenho	Código com requisitos de desempenho de acordo com sua finalidade	Dividido em partes com requisitos de desempenho para os sistemas	Requisitos de desempenho para edificações residenciais	Descrição de desempenho para casas

Portanto, verifica-se que há uma tendência mundial para criação e adoção das normas de desempenho, visto que tendem a promover a melhoria dos sistemas utilizados, permitir a adoção de novos, atender melhor às necessidades dos usuários e facilitar a comparação entre sistemas distintos, estimulando o setor. Também privilegia a comunicação com o usuário, permitindo que este participe do processo de decisão das soluções a serem adotadas, contribuindo para maior conscientização e satisfação do cliente (FOLIENSTE, 2000).

2.1 A NORMA DE DESEMPENHO E SUAS PARTES

Na versão atual a ND se aplica apenas às edificações residenciais a serem construídas com projeto protocolado após 19 de julho de 2013. Portanto, edificações comerciais, obras industriais e edificações existentes não estão inclusas (ABNT, 2013). É necessário salientar que outras normas, como é o caso das normas prescritivas citadas na ND, possuem seus próprios períodos de exigência, cuja maioria são anteriores a ND, portanto deveriam estar sendo cumpridas.

Uma vez que a Norma prevê garantias de desempenho para os usuários, cada vez mais exigentes e informados, é possível que os empreendimentos que demonstrem atendimento à ND tenham vantagem de mercado, privilegiando projetistas, fornecedores, incorporadores e outros que atendam à Norma em detrimento dos demais. Em caso de não atendimento à Norma tais agentes podem ser responsabilizados e penalizados. O presidente da ABNT, Pedro Costa (CBIC, 2013), reforça a importância da difusão das melhores práticas e a importância da disseminação e aplicação das normas brasileiras. Visto que a NBR 15.575/2013 é abrangente, torna-se necessário elencar seus principais aspectos para facilitar sua compreensão.

2.1.1 NBR 15.575-1 - Requisitos Gerais

A figura 2 ilustra os principais aspectos da primeira parte da norma, que contém as principais informações para sua compreensão, como definições de termos, requisitos, responsabilidades, critérios, entre outros. Esta parte também define os requisitos gerais onde se destacam aspectos de segurança contra incêndio, desempenho térmico e acústico. Portanto,

as outras partes da Norma (NBR 15.575-2 a 6) que remetem a sistemas e seus requisitos específicos indicam esta parte da norma para estes requisitos gerais. A ND remete à outras normas prescritivas, portanto enfatiza a importância e a obrigatoriedade do cumprimento das mesmas, uma vez que estas nasceram do consenso sobre os melhores métodos, práticas e exigências para aquela finalidade.



Figura 2 – Principais aspectos da NBR 15.575-1 - requisitos gerais

2.1.1.1 Importância e responsabilidade dos agentes envolvidos

Um dos aspectos da NBR 15.575-1 é a responsabilidade dos envolvidos, incumbência dos intervenientes na Norma, descrita resumidamente a seguir:

- Fornecedor de insumo, material, componente e/ou sistema: deve comprovar o desempenho de seus produtos por normas brasileiras ou estrangeiras;
- Projetista: deve especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho e estabelecer o tempo de vida útil de projeto (VUP);
- Construtor e incorporador: deve identificar os riscos através de estudos técnicos, elaborar o manual de uso, operação e manutenção (MUOM) e as garantias, que devem ser entregues aos proprietários;
- Usuário: deve realizar o uso e a manutenção descrita no MUOM. (ABNT, 2013)

Esta parte da norma está alinhada com outros autores que indicam a importância do envolvimento de todos os agentes no processo construtivo. Segundo Rosseto (2008), os agentes envolvidos mais importantes para a construção civil são os fornecedores de concreto, aço, elevadores, cerâmicas, mão-de-obra, entre outros; funcionários; engenheiros e arquitetos da organização e clientes. Destaca ainda uma maior preocupação, das empresas na área estudada, com os agentes envolvidos externos, ou seja, fora da organização, como fornecedores e clientes.

Follente (2000) indica que a tendência mundial na adoção de normas e códigos baseados no desempenho facilita a conexão entre o profissional da construção e o público, fazendo-os participar na escolha da relação desempenho X custo, visando aumentar a satisfação dos usuários. Ressalta ainda que normas e códigos baseados no desempenho privilegiam a inovação, otimização de custos e a comparação entre elementos.

A gestão do ciclo de vida que visa o desempenho deve prever o correto uso, operação e manutenção do edifício (SZIGETI ET AL., 2001). Portanto, o usuário também é um importante agente, com responsabilidades de definir os resultados que deseja, ciente do custo que representa, usar adequadamente os sistemas e fazer as manutenções necessárias.

2.1.1.2 Segurança contra incêndio

Sua importância é a de prever a segurança dos ocupantes da edificação contra incêndios e minimizar prejuízos financeiros, principalmente em casos de edificações de múltiplos pavimentos, já que, segundo Karter (NFPA, 2014), incêndios são responsáveis por enormes prejuízos financeiros e mortes. O autor indica que nos Estados Unidos, em 2013, devido a incêndios, 3.240 pessoas morreram sendo que 85% das vítimas estavam em suas casas, 15.925 pessoas foram feridas, 76,6% em suas casas e o prejuízo somado foi de 11,5 bilhões de dólares.

Segundo Ono (2007), a área de segurança contra incêndio ganhou impulso no país após dois incêndios de grandes proporções em São Paulo: o Edifício Andraus, ocorrido em 1972, e o Joelma, em 1974. No Rio Grande do Sul, o maior incêndio ocorreu em janeiro de 2013 e matou 242 pessoas na boate Kiss, segundo Taschetto (G1, 2015).

Berto (1998) *apud* Alves (2005) elenca oito requisitos para segurança contra incêndio: precaução contra seu início; limitação do seu crescimento; extinção inicial; limitação de sua propagação; evacuação segura do edifício; precaução contra a propagação entre edifícios; precaução contra o colapso estrutural; e rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate.

A ND segue basicamente os requisitos acima descritos, no entanto de forma orientada e específica. Para tal, são conduzidos testes em duas vertentes: a reação ao fogo que indica o comportamento dos materiais em contato com altas temperaturas como inflamabilidade, propagação do fogo, densidade da fumaça liberada, entre outros, e a resistência ao fogo, que verifica o tempo que o sistema resiste em situação de incêndio.

Entre as normas prescritivas citadas pela ND deve-se destacar a NBR 14.432/2001 sobre as exigências de resistência ao fogo, NBR 15.200/2012 para projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio e a NBR 14.323/2013 para projetos de estruturas de aço e mista de aço e concreto em situação de incêndio.

2.1.1.3 Desempenho térmico

O objetivo deste aspecto é avaliar o conforto térmico em condições naturais de insolação, ventilação e outras, não se tratando de condicionamento artificial, seja por ar-condicionado ou aquecedor. Para tal, avaliam-se as características da edificação, como materiais empregados, altura, dimensões dos cômodos, aberturas etc., e do local onde se encontra, como topografia, temperatura, umidade, vento etc. (ABNT, 2013).

Esta avaliação pode ser realizada pelo método simplificado, sendo este válido para comprovar atendimento ao nível mínimo, ou por simulação computacional, que é válido para comprovar todos os níveis: mínimo, intermediário e superior (ABNT, 2013).

O método simplificado verifica os sistemas de vedação e coberturas aos requisitos de desempenho térmico, onde são estipulados valores relacionados à transmitância térmica, que é a capacidade do material de conduzir calor (quanto menor, melhor), e capacidade térmica, que é a quantidade de calor que um corpo necessita para variação unitária de temperatura (quanto maior, melhor; ABNT, 2013).

A avaliação por simulação computacional é de maior acurácia, portanto é utilizado para avaliar atendimento também aos níveis intermediário e superior. Para tal são utilizados dados da zona bioclimática, dias típicos de verão e inverno, transmitância e capacidade térmica dos materiais, entre outros. Destacam-se neste aspecto da ND a NBR 15.220/2005 sobre desempenho térmico de edificações, os anexos da NBR 15.575-1 e o programa *EnergyPlus* para simulação computacional.

2.1.1.4 Desempenho acústico

O desempenho acústico é provavelmente o elemento mais sensível ao usuário, pois tem sido motivo de inúmeros desentendimentos entre vizinhos, geralmente por ruídos gerados por veículos, crianças brincando, música alta, entre outras situações (CBIC, 2013).

Portanto, o objetivo dos requisitos de desempenho acústico é garantir o conforto e privacidade dos usuários, a partir de critérios distintos para ambientes e sistemas diferentes. Destacam-se os requisitos mais exigentes para os dormitórios, visto que os usuários destes ambientes precisam de silêncio.

Considerando que o som resulta de movimentos vibratórios, a análise de adequação a esta parte da Norma é dividida em duas categorias: ruído aéreo e ruído de impacto. O primeiro está associado à propagação sonora entre ambientes pelo ar e está ligado ao sistema de vedação e pisos, já o segundo está associado à propagação sonora através do impacto com corpo sólido e está ligado a pisos. A ND estipula critérios para atenuação acústica através da medida em Decibel (dB) para aferir a intensidade sonora.

2.1.1.5 Durabilidade e Manutenibilidade

O aspecto “Durabilidade e Manutenibilidade” possui forte apelo econômico e ambiental, pois entende-se que os requisitos de durabilidade, tendem a diminuir a necessidade de reformas e manutenções corretivas, minimizando o uso de recursos financeiros e materiais de construção, que em geral estão ligados à extração de recursos naturais, poluição, resíduos e outros impactos ambientais.

Segundo CBIC (2013), “quanto maior a durabilidade, menor a exploração de recursos naturais, renováveis ou não, menor o consumo de água e de energia, menor o teor de poluentes gerados nas fábricas e no transporte de matérias-primas e dos produtos”. Quanto à questão econômica, um produto que apresente preço inicial menor, se de baixa durabilidade, pode se tornar mais caro ao longo do tempo se comparado a outro de maior durabilidade.

De acordo com a NBR 15.575 (ABNT, 2013), se deve considerar como durabilidade a capacidade da edificação ou seus sistemas de manterem suas funções e desempenho ao longo do tempo, desde que realizadas as manutenções devidas. A ND estipula valores mínimos de vida útil de projeto (VUP) para que os sistemas sejam projetados a fim de garantir sua durabilidade, desde que realizadas as devidas manutenções.

Na figura 3 é demonstrado que o desempenho reduz com o tempo, tal fato se deve ao desgaste natural referente ao uso, ações climáticas etc., e que a manutenção eleva o desempenho, permitindo maior vida útil. Portanto, a VUP só pode ser atingida se os sistemas forem usados e mantidos conforme planejado, o que comprova a importância da criação do manual de uso, operação e manutenção (MUOM) pelo incorporador e seu conhecimento e uso por parte dos usuários.

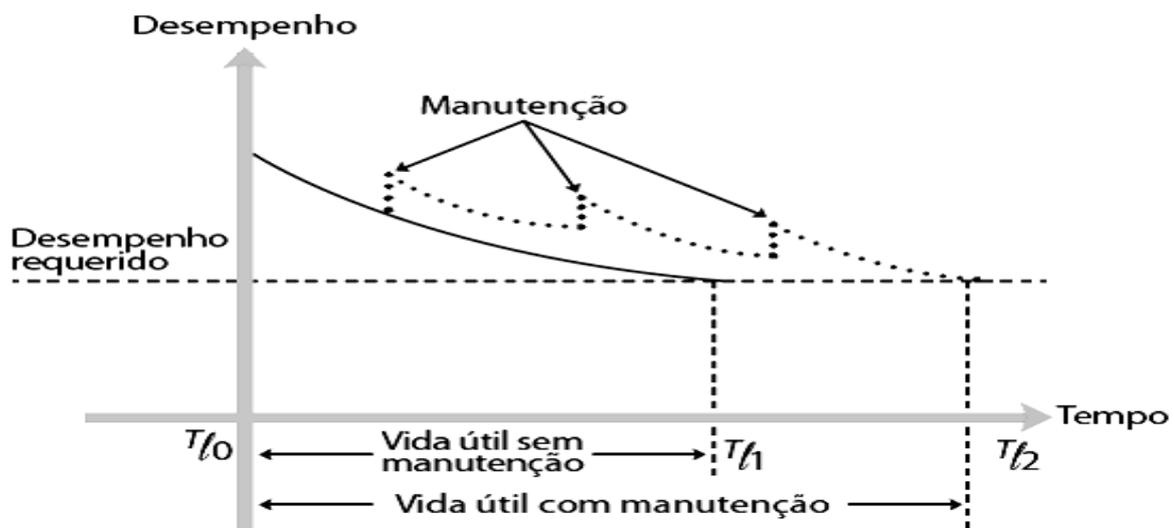


Figura 3 – Desempenho ao longo do tempo (Vida Útil de Projeto - VUP)

Fonte: NBR 15.575-1/2013 (ABNT, 2013).

Na tabela 2 são demonstrados exemplos de VUP para sistemas e componentes para atender ao requisito de durabilidade da ND. É importante esclarecer que não deve ser confundido com garantias, visto que a Norma também recomenda prazos de garantias de um a cinco anos a contar a partir do “habite-se”, conclusão da obra e entrega do imóvel, dependendo do sistema ou elemento da edificação.

Tabela 2 – Exemplos de VUP para sistemas e componentes da edificação

Parte da edificação	Exemplos	VUP (anos)		
		Mín.	Int.	Sup.
<u>Estrutura principal</u>	Fundações, elementos estruturais, contenções e arrimos	≥ 50	≥ 63	≥ 75
<u>Estruturas auxiliares</u>	Muros divisórios, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 25	≥ 30
<u>Vedação externa</u>	Paredes, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 50	≥ 60
<u>Vedação interna</u>	Paredes e divisórias, escadas e guarda-corpos	≥ 20	≥ 25	≥ 30
<u>Cobertura</u>	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais	≥ 20	≥ 25	≥ 30
	Telhamento	≥ 13	≥ 17	≥ 20
	Calhas de beiral e coletores aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 5	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (ventilação, iluminação, vedação)	≥ 6	≥ 10	≥ 12
<u>Revestimento interno aderido</u>	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, gesso, cerâmico, pétreos, tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
<u>Revestimento interno não aderido</u>	Revestimento de piso: têxteis, laminados ou elevados, lambris, forros falsos	≥ 6	≥ 10	≥ 12
<u>Revestimento de fachada</u>	Revestimento, molduras, componentes decorativos e cobre-muros	≥ 20	≥ 25	≥ 30
<u>Piso externo</u>	Pétreo, cimentados de concreto e cerâmico	≥ 13	≥ 17	≥ 20
<u>Pintura</u>	Pinturas internas e papel de parede	≥ 3	≥ 4	≥ 5
	Pinturas de fachada, pintura/revestimento sintético texturizados	≥ 8	≥ 10	≥ 12
<u>Impermeabilização manutenível sem quebra de revestimento</u>	Componentes de juntas e rejuntamento, mata-juntas, sancas, golas, rodapés e demais componentes de arremate	≥ 4	≥ 5	≥ 6
	Impermeabilização de caixa d'água, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas sem uso, calhas etc.	≥ 8	≥ 10	≥ 12
<u>Impermeabilização manutenível com quebra de revestimento</u>	Impermeabilização de áreas internas, piscinas, áreas externas com pisos, coberturas utilizáveis, rampas de garagem etc.	≥ 20	≥ 25	≥ 30
<u>Esquadrias externas (fachada)</u>	Janelas, portas-balcão, gradis, grades de proteção, cobogós, brises. Inclusos complementos de acabamento como peitoris, soleiras, pingadeiras etc.	≥ 20	≥ 25	≥ 30
<u>Esquadrias internas</u>	Portas e grades internas, janelas para áreas internas, boxes de banho	≥ 8	≥ 10	≥ 12
	Portas externas, portas corta-fogo, portas e gradis de proteção a espaços internos sujeitos a queda maior que 2m	≥ 13	≥ 17	≥ 20
	Complementos de esquadrias internas, como ferragens, fechaduras, trilhos, alizares e demais complementos	≥ 4	≥ 5	≥ 6

Fonte: NBR 15.575-1/2013 (ABNT, 2013), modificado pelo autor.

A manutenibilidade se refere à capacidade de permitir e facilitar as inspeções e manutenções prediais. O atendimento desse aspecto pode ser verificado nos projetos de edifícios, os quais devem constar suportes para fixação de andaimes, balancins ou outros meios que proporcionem meios de acesso para inspeções e manutenções.

Destaca-se para o cumprimento desses aspectos a NBR 14.037/2011 quanto às diretrizes para elaboração do MUOM e a NBR 5.674/2012 a respeito dos requisitos do sistema de gestão da manutenção.

2.1.2 NBR 15.575-2 - Sistemas Estruturais

O objetivo desta parte da norma é estipular requisitos que garantam que a edificação possa resistir estruturalmente às condições de exposição, como peso próprio, sobrecargas de utilização, atuação do vento, entre outros, durante a VUP (ABNT, 2013). A VUP mínima para este sistema é de 50 anos, portanto constata-se que há um forte vínculo com o aspecto de durabilidade e manutenibilidade.

A figura 4 apresenta os principais aspectos da NBR 15.575-2 - sistemas estruturais, que estipula requisitos para segurança estrutural, bem como o atendimento às normas prescritivas relacionadas ao sistema estrutural a ser utilizado (figura 5). Prevê requisitos para garantir a estabilidade e integridade da estrutura da edificação, protegendo seus ocupantes. Entre os requisitos estão previstos a estabilidade e resistência estrutural e limitações de deformações, fissuras e outras falhas. Traz como novidade os requisitos de impactos de corpo mole, relativo a choques com pessoas, e corpo duro, relativo a choques com objetos, que estão relacionados a eventuais acidentes domésticos e vandalismo.

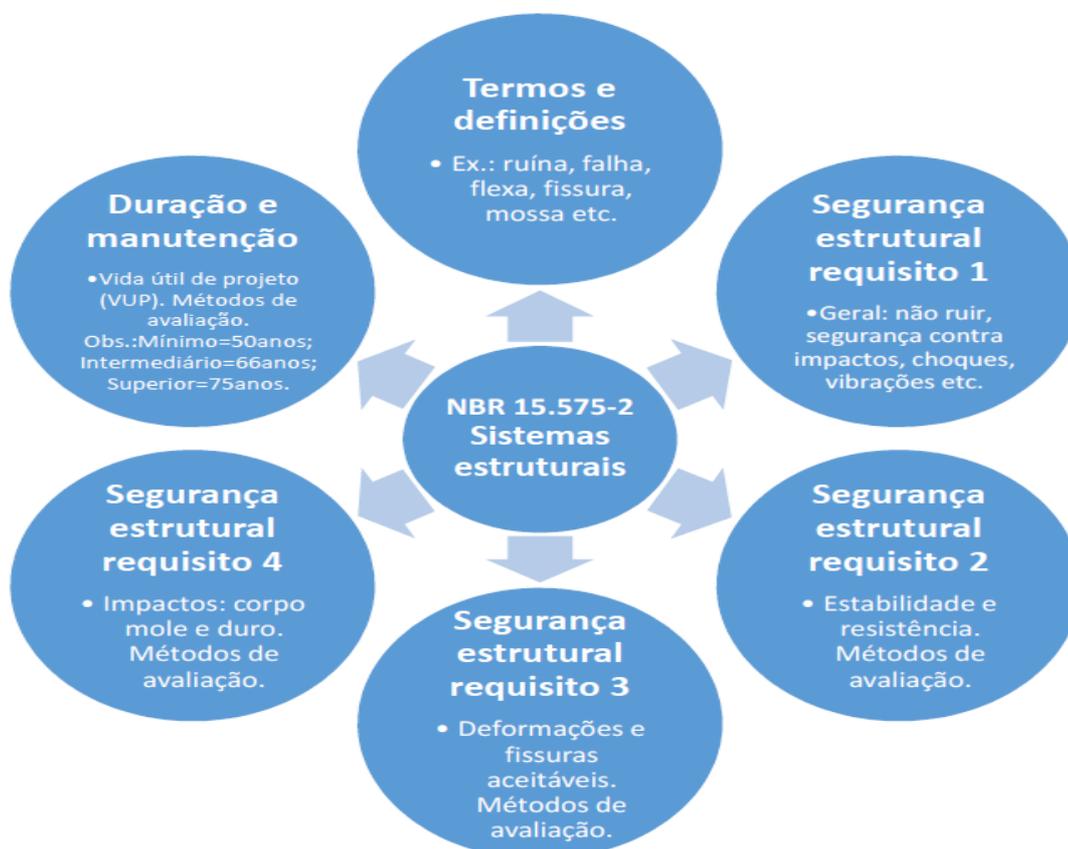


Figura 4 – Principais aspectos da NBR 15.575-2 - sistemas estruturais

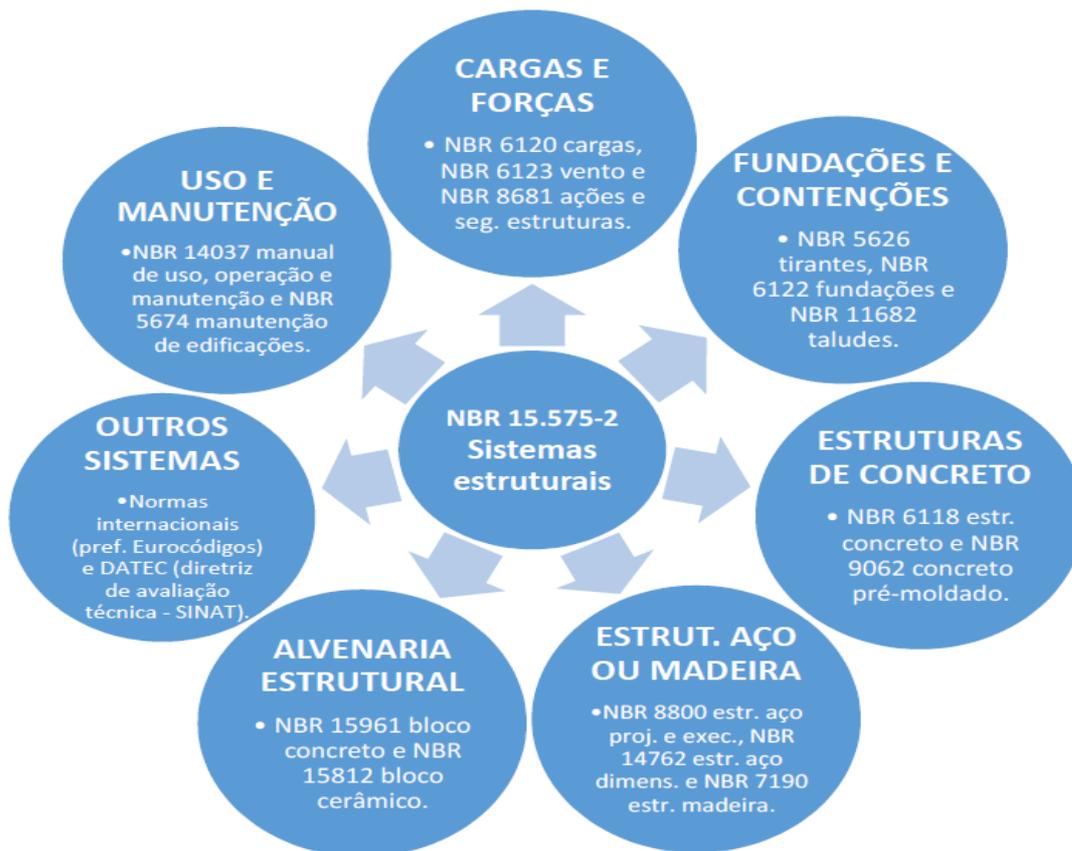


Figura 5 – Relações da NBR 15.575-2 - sistemas estruturais com outras normas e regras

A figura 5 relaciona as principais normas e regras que devem ser atendidas para cada tipo de sistema estrutural a ser utilizado. Novamente identifica-se que o atendimento à Norma é intrínseco ao cumprimento das normas prescritivas relacionadas.

Visto que a ND privilegia a adoção de novos métodos desde que atendam aos requisitos, podem ser utilizados sistemas que possuam normas internacionais prescritivas e a Diretriz de Avaliação Técnica (DATEC), sendo esta última uma autorização dada a uma empresa cujo sistema, embora sem norma prescritiva, atenda aos requisitos mínimos desde que utilizado a metodologia a qual foi testada.

Portanto, para cada sistema estrutural há de se atender à norma prescritiva relacionada à NBR 14.037, diretrizes para elaboração do MUOM, e à NBR 5.674, gestão da manutenção de edificações.

Tutikian et al. (2015) indicam que, quanto a resistência e desempenho do concreto armado, há relação diretamente proporcional entre durabilidade e segurança contra incêndio e o cobrimento, classe do concreto, relação água-cimento e consumo de cimento. Portanto, considerando que a estrutura foi dimensionada e é utilizada devidamente, é possível concluir

que o tratamento superficial pode ser determinante para a durabilidade, pois assim como no concreto que o cobrimento protege a armadura, as estruturas de madeira e aço devem receber pintura ou revestimento a fim de evitar a deterioração.

2.1.3 NBR 15.575-3 - Sistemas de Pisos

Os sistemas de pisos são formados por várias camadas que têm função estrutural, de vedação e tráfego. Além da camada estrutural, podem conter camadas de impermeabilização, isolamento térmico e acústico, contrapiso para regularização, fixação e acabamento (figura 6).



Figura 6 – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos

Fonte: NBR 15.575-3/2013 (ABNT, 2013).

A figura 7 descreve os principais aspectos requeridos onde destaca-se os requisitos para desempenho estrutural, segurança ao fogo, segurança no uso e operação, estanqueidade e desempenho acústico.

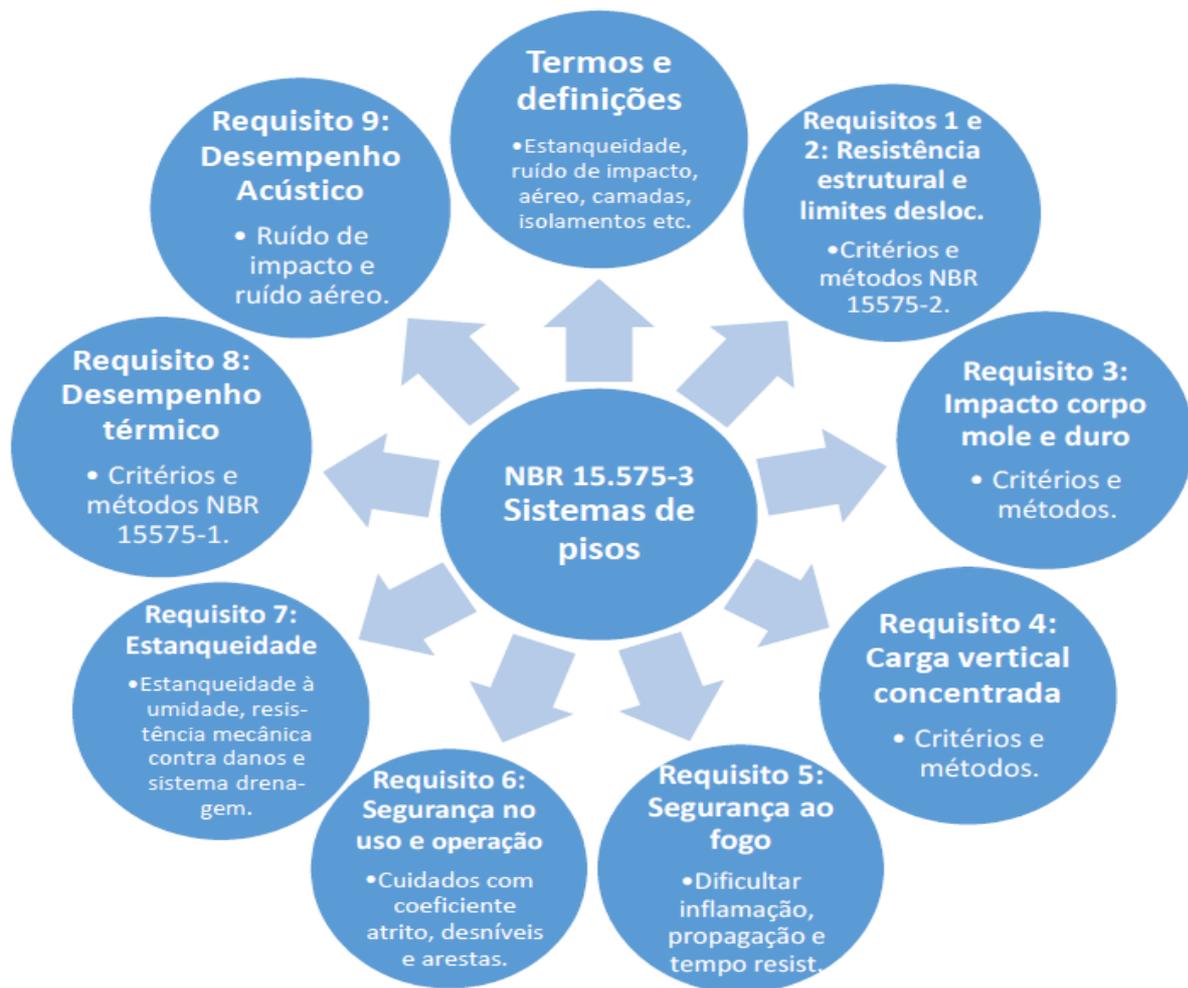


Figura 7 – Principais aspectos da NBR 15.575-3 - sistemas de pisos

Além de requisitos tradicionais como estabilidade, resistência e limitação dos deslocamentos verticais, preveem requisitos de: impacto de corpo mole, impacto de corpo duro e carga vertical concentrada.

Quanto à segurança ao fogo, os materiais componentes do sistema são testados quanto à reação e resistência ao fogo. Com relação à reação avalia-se a inflamabilidade, propagação superficial da chama, tempo de flamejamento e densidade óptica da fumaça. Quanto à resistência avalia-se o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) proporcional à altura da edificação (ABNT, 2013).

No requisito de segurança no uso e operação deve-se cuidar do coeficiente de atrito, inexistência de saliências, desníveis, frestas, arestas e outros que podem causar acidentes, feridas ou lesões aos usuários (ABNT, 2013).

Visto que a água é o principal agente de degradação e que mantém contato permanente com os elementos e sistemas da edificação, o requisito de estanqueidade prevê a estanqueidade à umidade.

É provável que o desempenho acústico seja o mais perceptível requisito deste sistema, portanto é importante prever sistemas de isolamento acústico, a fim de reduzir o ruído, principalmente o ruído de impacto, não só para atender a Norma, mas para prover conforto e privacidade aos usuários. O ruído de impacto é aquele resultante do choque com o piso e transmitido através da vibração das partículas, por exemplo pisadas, deslocamento de móveis etc., e o ruído aéreo é aquele que se propagam pelo ar, sons em geral. Para a primeira situação soluções que permitam amortecimento da vibração tendem a ser mais efetivos, já para a segunda materiais mais densos tendem a dificultar a propagação do som pelo ar. A melhoria do desempenho acústico pode agregar valor ao imóvel e representar diferencial competitivo importante.

É importante considerar mais dois aspectos relevantes: a durabilidade e a acessibilidade. Em relação à durabilidade, a Norma prevê a resistência a ataques químicos, visto os diversos materiais aos quais o sistema de piso está sujeito, como materiais de limpeza, por exemplo. E em relação à acessibilidade, a Norma prevê a inclusão dos portadores de necessidades especiais, principalmente aqueles de mobilidade reduzida. Portanto, a ND prevê adaptações e sinalizações em áreas privativas e de uso comum para acesso e utilização desses usuários.

2.1.4 NBR 15.575-4 - Sistemas de Vedação Vertical Interno e Externo

O sistema de vedação vertical interno ou externo (SVVIE) tem a função de realizar o fechamento dos cômodos e outros ambientes da edificação e pode ser composto por várias camadas. Por exemplo o sistema tradicional é composto por substrato de bloco cerâmico unidos entre si por argamassa com revestimentos com bases cimentícias, como chapisco, emboço e massa fina, e outras, como massa corrida, tinta etc. No entanto há uma grande diversidade de soluções e combinações para SVVIE e, portanto inúmeras possibilidades de resultados de desempenho (ABNT, 2013).

Pode-se dizer que suas características são mais perceptíveis aos usuários, visto que estes mantêm proximidade com camas, sofás etc., e contato direto com quadros, armários,

suportes de tv etc., com este sistema e que os cômodos separam ambientes com objetivos diferentes, portanto constituem elementos importantes no desempenho da edificação.

A figura 8 demonstra os principais aspectos requeridos para os SVVIE, onde destaca-se os requisitos de desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico e acústico.

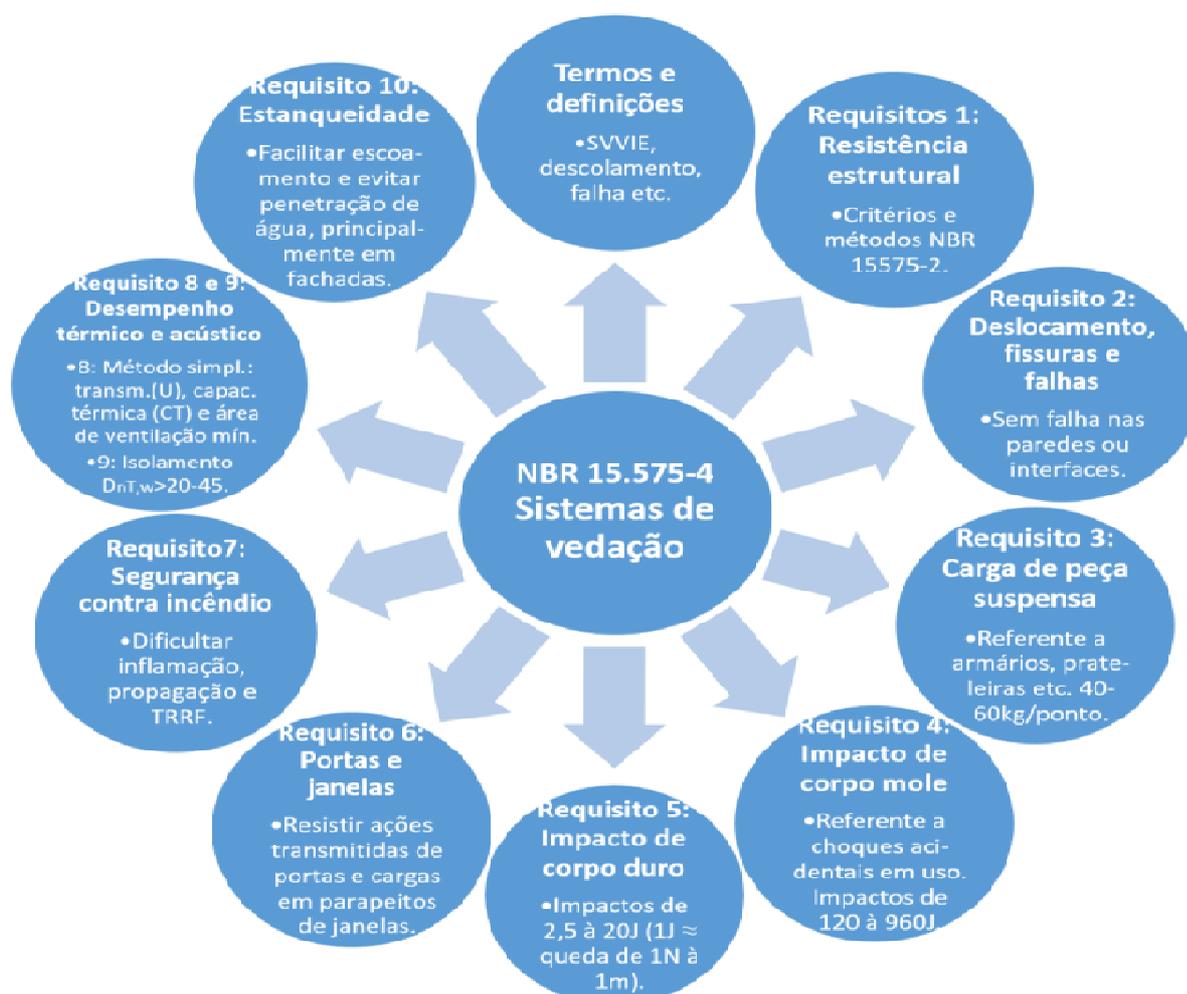


Figura 8 – Principais aspectos da NBR 15.575-4 - sistemas de vedação

Os critérios para o desempenho estrutural de SVVIE também são válidos para sistemas que não têm função estrutural, como de vedação, por exemplo. Assim como na NBR 15.575-2, há requisito para limitação de deslocamentos, fissuras e falhas. Também apresentam critérios específicos ao SVVIE, como é o caso do requisito de carga suspensa, que simula o uso de elementos que devem ser suportados pelo sistema de vedação como armários suspensos, suportes de televisão, prateleiras etc. Ainda no desempenho estrutural há requisitos de impactos de corpo mole e duro. No requisito de ações transmitidas por portas estas são

submetidas a fechamentos bruscos e à ação de impacto de corpo mole, onde são verificadas se causaram irregularidades no marco, juntas e componentes do sistema de vedação. Também é verificada a resistência à ação de cargas de ocupação em guarda-corpos e parapeitos, de acordo com a NBR 14.718/2008.

Os requisitos de segurança contra incêndio são similares aos apresentados para a NBR 15.575-3 - sistemas de pisos, sendo importante que o SVVIE dificulte a propagação do fogo sem emissão fumaça densa e que resista ao fogo durante o TRRF da edificação, de acordo com a NBR 14.432. Os ensaios para avaliação do TRRF do SVVIE com função estrutural são executados conforme NBR 5.628 e sem função estrutural ensaios de acordo com a NBR 10.636. Assim verifica-se até que ponto, em relação ao tempo de exposição, os sistemas de vedação são corta-fogo, ou seja, mantém estabilidade, estanqueidade ao fogo e isolamento térmico e até que ponto é para-chamas, ou seja, mantém estabilidade e estanqueidade, porém reprovado no isolamento térmico.

Quanto à estanqueidade, os SVVIE não devem permitir a infiltração de água, tanto de chuva nas fachadas e esquadrias, quanto por permeabilidade em áreas molháveis e molhadas. Como elementos que influenciam estes requisitos destacam-se as esquadrias que podem apresentar vedação insuficiente e facilitar a entrada de água, o revestimento da alvenaria que pode dificultar a penetração de água e a região do Brasil na qual a edificação se encontra devido à pressão estática.

Visto que a avaliação do desempenho térmico é realizada por processo simplificado ou simulação computacional, possui parâmetros importantes como: a área mínima de ventilação, a transmitância térmica dos materiais (U), a capacidade térmica dos materiais (CT) e a zona bioclimática.

Em SVVIE o desempenho acústico está mais relacionado ao ruído aéreo, portanto pode ser avaliado através do índice de redução sonora ponderado (R_w), a diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$) e $D_{2m,nT,w}$, o mesmo do anterior só que há dois metros de distância. Segundo a CBIC (2013), o R_w é usado quando o ensaio é feito em laboratório, seguindo metodologia da ISO 10140-2. Por ser preciso é o mais útil, pois pode ser utilizado como valor referência para projetos, $D_{nT,w}$ é mensurado em ensaio de campo em que se mede o isolamento sonoro global de forma rigorosa, conforme ISO 140-4 e 140-5 e o $D_{2m,nT,w}$ é o menos preciso e só é válido para as medições efetuadas e segue a ISO 10052.

2.1.5 NBR 15.575-5 - Sistemas de Coberturas

Os sistemas de coberturas são formados por diversos elementos e componentes com a função de assegurar a estanqueidade, proteger os demais sistemas da deterioração por agentes naturais e contribuir para o conforto termoacústico da edificação. Podem conter: cumeeira ventilada, telhas, base de apoio para as telhas, subcobertura, beiral, isolamento térmico e/ou acústico.

A figura 9 ilustra os principais aspectos requeridos onde destacam-se os requisitos para desempenho estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação, estanqueidade e desempenho térmico.

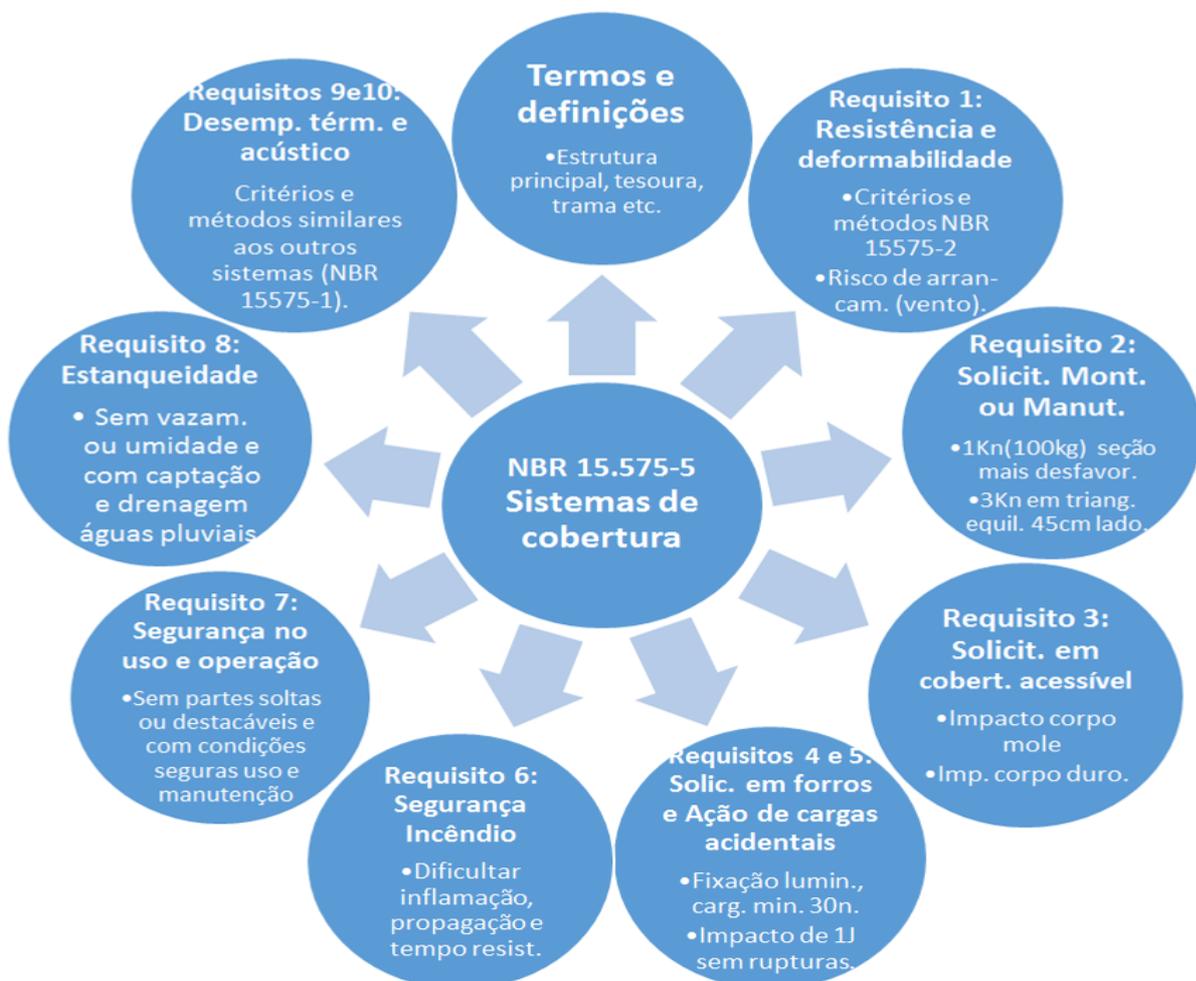


Figura 9 – Principais aspectos da NBR 15.575-5 - sistemas de cobertura

Os critérios para o desempenho estrutural de coberturas envolvem requisitos como resistência e deformabilidade no qual se deve considerar inclusive os efeitos de sucção do vento, solicitações de montagem e manutenção, solicitações dinâmicas em coberturas

acessíveis sujeitas a impactos de corpo mole e duro, solicitações em forros na qual deve-se considerar a possibilidade de fixação de luminárias e outros equipamentos e ação de cargas acidentais como granizo ou outras cargas (ABNT, 2013).

Quanto à segurança contra incêndio é importante, na reação ao fogo, que as superfícies das coberturas, subcoberturas, forros, materiais isolantes térmicos e acústicos sejam preferencialmente incombustíveis, não propaguem chamas e não gerem fumaça ou dentro do estipulado nas normas técnicas e, na resistência ao fogo, tenham resistência mínima que atendam às normas técnicas, principalmente a NBR 14.432/2001 (ABNT, 2013).

No requisito de estanqueidade deseja-se que a cobertura seja estanque à água de chuva, evite umidade, entrada de animais, proliferação de insetos e micro-organismos. O sistema de cobertura deve ter capacidade de drenar a máxima precipitação passível de ocorrer (ABNT, 2013).

As coberturas podem apresentar grande risco à vida dos trabalhadores e usuários, portanto são previstos requisitos de segurança no uso e operação. Destacam-se critérios para os guarda-corpos em coberturas acessíveis aos usuários que devem estar de acordo NBR 14.718/2008, platibandas para sustentar andaimes suspensos ou balancins, segurança no trabalho em coberturas inclinadas com inclinação superior a 30%, visto o risco ao trabalho, possibilidade de trânsito de pessoas sobre a cobertura e aterramento para coberturas metálicas com o objetivo de dissipar cargas de descargas ou eletrostáticas acumuladas pelo atrito com o vento. Em coberturas o desempenho acústico está mais relacionado ao ruído aéreo e, para coberturas acessíveis de uso coletivo, pelo ruído de impacto (ABNT, 2013).

2.1.6 NBR 15.575-6 - Sistemas Hidrossanitários

Os sistemas hidrossanitários e seus componentes são destinados a suprir água potável e de reuso, coletar e destinar esgotos sanitários e águas pluviais, separadamente. A figura 10 apresenta os principais aspectos requeridos para este sistema, onde destaca-se os requisitos para desempenho estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação e durabilidade e manutenibilidade.

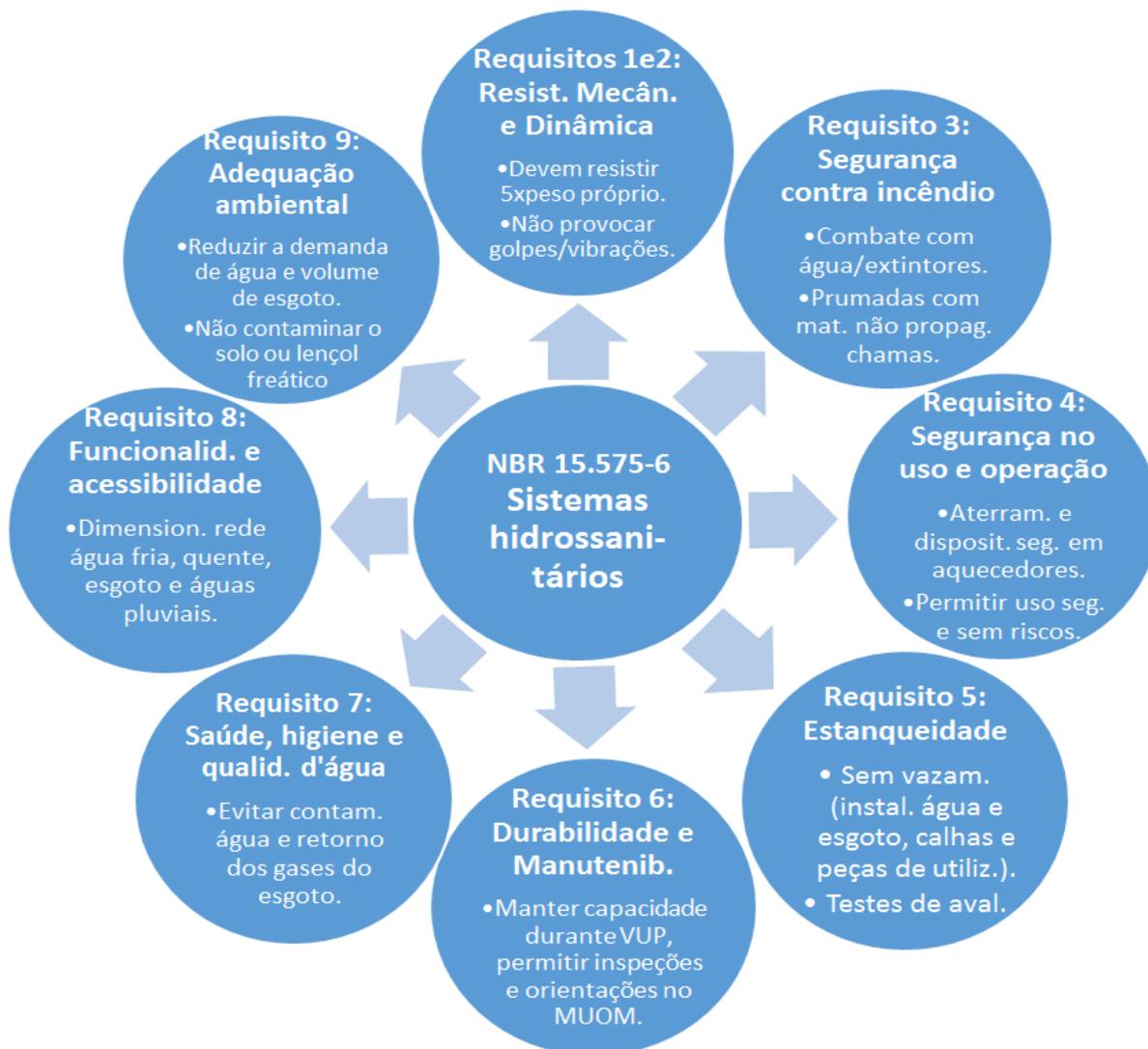


Figura 10 – Principais aspectos da NBR 15.575-6 - sistemas hidrossanitários

Os requisitos de desempenho estrutural para sistemas hidrossanitários são: resistência e deformabilidade, a fim de garantir resistência mecânica para tubulações suspensas, integridade para tubulações enterradas e embutidas, solicitações dinâmicas com objetivo de evitar golpes ou vibrações e, para tubulações aparentes até 1,5m, resistência a impactos.

Destaca-se na segurança contra incêndio prover água e extintores para o combate ao incêndio e evitar a propagação das chamas entre pavimentos através das prumadas de esgoto e ventilação. No requisito de segurança no uso e operação deve-se evitar o risco de choques, queimaduras, explosão, intoxicação por gás, entre outros e permitir a utilização segura aos usuários evitando ferimentos advindos de cantos vivos ou superfícies ásperas. Quanto à durabilidade e manutenibilidade deve-se atender aos prazos de VUP estabelecidos e as instalações de esgoto e águas pluviais devem permitir inspeções.

2.2 IMPACTOS DA NORMA DE DESEMPENHO E O CENÁRIO NACIONAL

A ND estipula parâmetros de desempenho mínimos a serem atingidos, e não existe uma fiscalização formal que verifique seu cumprimento. Entretanto, os projetistas, construtores, incorporadores, fornecedores e terceiros devem se ajustar às novas demandas da Norma, visto que o cenário nacional é de busca da informação e adequação à ND. Por outro lado, os usuários estão cada vez mais exigentes e instruídos a respeito de seus direitos.

Um exemplo disso é que a Caixa Econômica Federal (CAIXA) e a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) firmaram acordo e lançaram o programa “Caixa de Olho na Qualidade”, visando a aprimorar a comunicação entre os envolvidos no programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) e assegurar o melhor uso dos imóveis (CBIC, 2013). O programa consiste em instruir os usuários para acompanhamento da qualidade na entrega do imóvel, informando sobre o que pode e não pode ser feito, cuidados, manutenção, entre outros. Também prevê a disponibilização de um canal de comunicação pelo qual podem tirar dúvidas, fazer reclamações e sugestões para a melhoria dos imóveis.

Giribola (2013) indica que a partir da publicação da ND houve aumento da demanda de avaliações técnicas e de durabilidade de materiais e sistemas. O que ocorre é que os produtos já consagrados, mesmo com outras normas reguladoras, não possuem dados suficientes relacionados ao uso e à operação. Segundo a autora, além do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT - São Paulo), outros laboratórios especializados passaram a oferecer esse serviço. Como as Instituições Técnicas Avaliadoras (ITAs) e entidades de gestão técnica, sendo exemplo deste último o Programa Setorial de Qualidade (PSQ), que faz parte do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) do Ministério das Cidades do Governo Federal.

As entidades no PSQ avaliam os materiais quanto ao atendimento das normas prescritivas existentes, já as ITAs devem avaliar os sistemas construtivos. Como exemplo dessas duas abordagens pode-se citar o PSQ-BC (SENAI TRÊS RIOS, 2015) que avalia blocos cerâmicos quanto ao atendimento à NBR 15.270/2005, observando características como dimensões e resistência deste elemento. Já a ITA avalia um sistema de vedação vertical interna e externa (SVVIE), ou seja, uma parede com todos seus elementos quanto ao atendimento à NBR 15.575-4/2013, observando seu desempenho térmico, acústico, estanqueidade, segurança a fogo, resistência à impactos etc.

Giribola (2013) alerta que pode haver falta no mercado de profissionais capacitados para trabalhar com a ND e sugere como motivo a complexidade do trabalho e a falta destes conhecimentos na formação desses profissionais. Portanto, criou-se um nicho de mercado para capacitação dos profissionais e, conseqüentemente, o aumento da oferta de cursos relacionados ao tema. Segundo Bezerra (2014), o Centro de Tecnologia de Edificações (CTE) desenvolveu o Programa de Capacitação de Empresas da Construção para atendimento à ND, cujo objetivo é de auxiliar as empresas na adaptação dos processos para atendimento à Norma.

Quanto ao aspecto econômico, segundo CBIC (2015), as melhorias advindas da ND representam aumento de 3 a 4% no custo da construção. Por outro lado, existe uma expectativa que os preços dos imóveis possam aumentar em média 4% (estimativa no custo global) para atendimento à ND no nível mínimo, 7% para o nível superior e que imóveis construídos antes da Norma possam desvalorizar (PORTAL ITAMBÉ, 2013). Como a ND está em vigor, relativamente há pouco tempo, e incipientemente difundida, ainda não há dados de mercado relativos a custos e preços de imóveis para confirmar tais afirmações.

Assim como identificado por Silva (2001), pode ser que ainda falte uma visão de valor (custo *versus* desempenho) fazendo que o mercado se baseie apenas no preço inicial dos produtos e serviços, transferindo o ônus dos defeitos e soluções inadequadas ao cliente. É possível que ainda falte conhecimento de normas técnicas, comportamento dos materiais, sistemas construtivos e boas práticas de execução de serviços por parte dos contratantes de obras, construtores e especificadores de produtos, sendo comum a visibilidade de uma empresa ou produto como garantia de qualidade (SILVA, 2001). Silva et al (2014) indicam que é incomum a disponibilização de informações sobre desempenho na cadeia de fornecimento da construção civil brasileira.

Através da ND é possível identificar patamares de qualidade requeridos que podem nortear o mercado para soluções adequadas e promover concorrência considerando o real valor dos produtos e serviços, incluso o valor agregado e os custos indiretos de defeitos ou baixa durabilidade. O cumprimento da ND apresenta vantagens para o setor da construção civil e a sociedade em geral, pois apresenta oportunidade de melhoria da qualidade das habitações, resulta na divulgação das informações sobre o desempenho da edificação, define o papel dos agentes envolvidos e promove a otimização de recursos, inclusive financeiro, pois seu conceito exige visão de longo prazo (KERN et al., 2014).

A escolha de produtos e sistemas deve ser criteriosa, pois uma solução pode ter custo inicial baixo e custo global alto (riscos, defeitos, patologias, baixa produtividade etc). Podem ser a melhor solução para um determinado aspecto e possuir baixo desempenho para outros aspectos (SILVA, 2005).

Okamoto (2015) sugere que o desempenho almejado só pode ser obtido através de esforços conjuntos e integrados entre os agentes relacionados à construção civil, desde as fases iniciais do processo de projeto. Também indica que os principais impactos da ND sobre o processo de projeto são: maior evidência à necessidade de atendimento das normas técnicas na elaboração de projetos e construção; incentivo ao acréscimo de qualidade nas edificações e criação de oportunidades para ganhos corporativos como melhoria de processo e economia de gastos com manutenções corretivas.

Em sua pesquisa Okamoto (2015) identificou que a maioria das empresas ainda não conhecia o desempenho das edificações que projetou ou produziu. Os resultados também indicaram que os estudos das exigências da ND estão mais avançados em empresas de maior porte, os fabricantes são os que mais demonstram aplicar na prática medidas visando à obtenção do desempenho e poucas propostas de adaptação ou melhorias foram efetivamente realizadas perante as exigências normativas. Segundo o autor, o setor ainda desconhece ou não percebe a importância de se ter uma visão mais global, com necessidade de maior aperfeiçoamento de processos nas empresas incorporadoras/construtoras e maior troca de informações com as empresas parceiras (fabricantes, projetistas, instaladoras e empreiteiras).

Também se nota a necessidade de informações relacionadas às características de qualidade voltadas ao uso, que podem ser elucidadas com o cumprimento da ND, facilitando a adoção e estimulando a criação de sistemas inovadores e aumentando a aceitação destes sistemas pelos consumidores.

Moura (2015) indica que entre 2005 e 2015 foram identificadas 164 inovações no setor da construção civil e que estas inovações estão voltadas, em sua maioria, a busca pelo aumento de produtividade e redução de custo das obras. Também foram observadas vantagens como o uso de material reciclável; aumento do conforto acústico em pisos e conforto térmico e acústico em coberturas; melhores condições de ergonomia ao trabalhador; aperfeiçoamento do controle de qualidade e redução do consumo de materiais, desperdício, risco de acidente e peso da estrutura (MOURA, 2015). Desta maneira, a ND pode se tornar uma importante ponte entre a busca pela produtividade e redução de custo das construtoras e incorporadoras e a busca pela qualidade no ambiente construído dos consumidores e usuários.

Entretanto o autor considerou como principais limitações para a adoção destas inovações a necessidade de emissão de documentos de avaliação técnica (DATec), treinamento da mão de obra, dificuldade de aceitação destes sistemas pelos consumidores, falta de informação sobre os sistemas e componentes, reduzido número de fornecedores e alto custo de aquisição (MOURA, 2015). Deve-se considerar também que algumas inovações estão relacionadas à sustentabilidade, como aquelas relacionadas à redução do consumo de materiais e uso de materiais reciclados.

Considerando que a construção civil é um setor responsável pela geração de grandes impactos ambientais, é importante pautar que existem normas e selos ambientais que visam minimizar esses impactos. Moraes e Souza (2015) sugerem que a legislação ambiental brasileira é rica e bem elaborada, no entanto possui fiscalização incipiente e sugerem que devam ser experimentados novas soluções e técnicas construtivas, afim de mitigar os impactos ambientais.

Neste sentido, segundo Costa et al (2015), a ND está alinhada com sistemas de avaliação de certificação sustentável como o *Leadership in Energy and Environmental Design* – LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental), o selo AQUA-HQE (*Haute Qualité Environnemental* – Ambiente de Alta Qualidade) e a Norma ISO 21.931-1 (*Sustainability in building construction Part 1: Buildings* - Sustentabilidade na construção civil Parte 1: Edifícios) no que diz respeito a contribuir com o desenvolvimento sustentável da sociedade. Costa et al (2015) argumenta ainda que será um grande salto de qualidade, principalmente se a construção alcançar o nível superior nos critérios relativos à durabilidade e vida útil dos sistemas e que estes critérios ajudam a inibir que as empresas especifiquem materiais de baixa qualidade e pouca durabilidade, auxiliando a execução de construções mais sustentáveis.

Segundo Costa et al (2015), a ND, LEED, AQUA e ISO 21.931-1 possuem itens em comum em relação à localização do empreendimento, processo produtivo, gestão de materiais, consumo de energia e água e gestão de resíduos. Itens sobre desempenho, conforto e qualidade dos espaços e acessibilidade estão presentes de forma obrigatória no selo AQUA e na ND, com exigências do atendimento da NBR 9050 e Decreto Lei 5296 de acessibilidade. Já a Norma ISO 21.931-1 prioriza os requisitos relacionados aos impactos ambientais (COSTA ET AL, 2015). A tabela 3 apresenta a comparação entre as normas e selos citados.

Tabela 3 – Comparação entre a ISO 21931, o selo AQUA, a NBR 15575 e a certificação LEED

Itens contemplados	ISO 21931	AQUA	NBR15575	LEED
Localização e Implantação da Construção	Localização da construção	Relação do Edifício com o Entorno	Avaliação do Entorno	Terrenos Sustentáveis
Processo Construtivo e Produtos.	Processo de Construção e Produtos	Qualidade dos Componente	Durabilidade e Manutenibilidade, Conforto Táctil e Antropodinamico.	Materiais e recursos
Manutenção da Construção.	Gerenciamento da construção e canteiro	Canteiro Responsável	Adequação Ambiental	Materiais e Recursos
Consumo de Energia.	Uso da Energia	Gestão de Energia	Adequação Ambiental	Energia e Atmosfera. Uso de energia renovável.
Consumo de Água	Consumo de Água	Gestão de Água	Adequação Ambiental	Uso Racional de Água
Gestão dos Resíduos	Gerenciamento da construção e canteiro	Gestão de Resíduos	—	Materiais e Recursos
Ciclo de Vida	Vida útil, Serviços de Manutenção.	Gestão da Conservação e Manutenção	Durabilidade e Manutenibilidade	—
Condições de Conforto Higrotérmico	Condições do ar interno.	Conforto Higrotérmico	Desempenho Térmico	Qualidade do Ambiente Interno
Conforto Acústico	Condições Acústicas	Conforto Acústico	Desempenho Acústico	Qualidade do Ambiente Interno
Conforto visual e Lumínico	Condições visuais	Conforto visual	Desempenho lumínico	Qualidade do Ambiente Interno
Qualidade do ar	Qualidade do ar	Conforto olfativo	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Qualidade do Ambiente Interno
Qualidade dos Espaços e Acessibilidade	—	Qualidade dos Espaços	Funcionalidade e Acessibilidade	—
Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Odor	Qualidade Sanitaria do ar	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Qualidade do Ambiente Interno
Qualidade da Água	Característica da água	Qualidade Sanitaria da Água	Utilização e Reuso de Água	—

Fonte: COSTA ET AL (2015).

Reis et al (2015) considera que a fase de projeto é crucial para que um edifício consiga atingir níveis elevados de sustentabilidade, pois as decisões nesta fase influenciam o desempenho da construção. Portanto a ND pode causar um impacto positivo no âmbito da sustentabilidade, seja por permitir a inovação de sistemas que possuem características de redução do consumo de materiais, geração de RCD e uso de materiais reciclados, seja por determinar a durabilidade dos sistemas ou por determinar a qualidade dos ambientes construídos.

2.3 APLICABILIDADE DA NORMA DE DESEMPENHO

Inicialmente é necessário entender como a responsabilidade da aplicação da ND é distribuída entre os principais agentes do setor de construção civil. A responsabilidade de demonstrar a qualidade do produto é do fornecedor. Portanto, cabe aos fornecedores de materiais e produtos comprovar o atendimento às normas técnicas, em geral prescritivas e anteriores à ND. Aos projetistas cabe especificar os requisitos dos materiais e produtos que devem ser utilizados e às incorporadoras ou construtoras comprovar o atendimento à norma de desempenho de seus sistemas e exigir comprovação de atendimento das normas técnicas relativas à materiais e produtos (CBIC, 2015).

Embora a compra de imóveis normalmente se dê pela aparência e não pela qualidade embutida, o proprietário pode recorrer, enquanto no prazo de vida útil, aos ensaios e análises específicas como comprovação do desempenho, sobre risco de responsabilizar a incorporadora ou construtora por propaganda enganosa e danos morais (CBIC, 2015).

Quanto aos fornecedores, a CBIC (2015) indica que as fábricas estão caracterizando seus produtos e disponibilizando essas informações em catálogos. No entanto, por exemplo, mesmo grandes fabricantes ainda não possuem dados sobre força e torque máximo para acionamento de louças e metais sanitários.

A aplicação da norma de desempenho também envolve outros desafios, como mudanças no processo de projeto, no processo de produção, na cadeia de fornecedores e na fiscalização (KERN ET AL, 2014). Segundo Silva et al (2014), o projeto pode ser o norteador principal para o processo de atendimento à Norma, portanto é necessário maior empenho dos projetistas para que, através do conhecimento dos requisitos solicitados, possam elaborar projetos, especificações de materiais e memoriais mais detalhados. As autoras ressaltam que é necessário grande envolvimento de todas as partes, principalmente projetistas, construtoras e fornecedores para atendimento às normas, sejam de desempenho, sejam de certificação ambiental, e que os mesmos alegaram ser complexa a implementação e aplicabilidade dos requisitos exigidos. Inclusive indica que é pouco usual na cadeia de fornecimento da construção a adaptação dos fornecedores às exigências de especificações técnicas, principalmente por não dispor de mais informações sobre os produtos. Quanto às mudanças no processo de projeto, já existe um manual para contratação de projetos que instrui quais informações e detalhamentos que os projetos devem possuir para atender à ND (SENAI, 2016).

Sukster (2005) também compreende que a integração entre as partes envolvidas é necessária para melhorar o desempenho do setor de construção civil. Com este objetivo, o autor sugere melhorias nos sistemas de gestão da qualidade e nos sistemas de planejamento e controle da produção, que podem ocorrer através de realização de reuniões periódicas (análise de processos visando aspectos de planejamento, qualidade, soluções e melhorias), inclusão de procedimentos de gestão da qualidade em planilhas de planos de médio e curto prazo, utilização de indicadores de avaliação de serviços realizados (identificar problemas e garantir que as tarefas sejam finalizadas no prazo estabelecido e com a qualidade desejada) e treinamento e participação de todos os funcionários na obra, tanto no planejamento, como no controle dos serviços.

Segundo Mahl e Andrade (2010), as dificuldades para aplicação da ND incluem também a realização de ensaios no local e em laboratórios, a necessidade de acesso à grande quantidade de normas e a amplitude de algumas avaliações.

Portanto, tendo em vista que o desempenho não pode ser considerado como a soma dos elementos que compõem um sistema, a complexidade dos mesmos e a dificuldade de se prever resultados de desempenho torna-se recomendável o investimento em ensaios a fim de garantir os resultados de desempenhos almejados na edificação.

A seguir são apresentados exemplos de aplicação dos conceitos da ND, atendendo os aspectos de: segurança contra incêndio, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico e durabilidade e manutenibilidade.

2.3.1 Segurança contra incêndio

O aspecto de segurança contra incêndio é relevante, visto o impacto do fogo aos sistemas constituintes das edificações. Pode-se considerar que um dos aspectos mais impactantes esteja relacionado à segurança estrutural, estanqueidade e isolamento térmico, principalmente dos sistemas ligados a compartimentações e saídas de emergência. A IT 08:2011 (SÃO PAULO, 2011) determina que sistemas de compartimentações e saídas de emergência devem apresentar o mesmo TRRF da estrutura.

Através da ND é possível avaliar diferentes sistemas em relação as diversas solicitações, como situações de incêndio, o que pode apresentar resultados divergentes de

normas prescritivas. Como exemplo, Bolina et al (2015) comprovaram, através de ensaios, que paredes de concreto armado a partir de 10cm atendem aos critérios relativos à estabilidade estrutural, estanqueidade e isolamento térmico para o TRRF de 120 minutos, podendo ser utilizado como elemento de compartimentação vertical de edificações. Os autores demonstram que estes resultados diferem de normas prescritivas como a EN 1992-1-2, que não permite o uso de paredes de concreto maciço de 10cm para tempos maiores que 90 minutos e a IT 08:2011, que não permite o uso de paredes de concreto maciço de 11,5cm para tempos maiores que 60 minutos.

Oliveira et al (2016) comprovaram, através de análise da NBR 14.432:2000 e 15.200:2012 e cálculos, que paredes alveolares podem atender o TRRF de 30 minutos e podendo chegar a 51 minutos.

Tutikian et al. (2015) indicam que na resistência e desempenho do concreto armado há relação diretamente proporcional entre durabilidade e segurança contra incêndio e o cobrimento, classe do concreto, relação água-cimento e consumo de cimento. Os autores, com base em modelos teóricos e normas internacionais, estabeleceram parâmetros de projeto para uma estrutura atender às exigências de durabilidade e segurança contra incêndio, de acordo com a ND, NBR 6118:2014 e NBR 15.200:2012.

A tabela 4 apresenta a sugestão de cobrimento e a tabela 5 apresenta sugestão de classe de concreto, relação água-cimento e consumo de cimento, ambos para projetos com a finalidade de atender a durabilidade da ND, conforme NBR 6118:2014, e a segurança contra incêndio da ND, conforme NBR 15.200:2012.

Tabela 4 – Parametros sugeridos de cobrimento nominal considerando requisitos de durabilidade e segurança contra incêndio

Altura da edificação [h]	Requisito M=50, I=66 e S=75 anos	Espessura dos cobrimentos das armaduras em [cm]					
		Vigas com largura de: [cm]		Lajes esp.cm	Pilares com menor lado de: [cm]		
CAA II (classe agressiv. ambiental)		8	19	6	19	30	45
H >30m = TRRF 120min	M	5,6	3,8	3,4	7,3	6,6	5,6
	I	5,6	4,0	3,5	7,3	6,6	5,6
	S	5,6	4,5	4,0	7,3	6,6	5,6

Fonte: Elaborada pelo autor com base nas tabelas de Tutikian et al (2015).

Tabela 5 – Parametros sugeridos de classe de concreto, relação água-cimento e consumo de cimento

VIDA ÚTIL	50 Anos				63 Anos				75 Anos			
CAA	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
ELEMENTO	Cobrimento (mm) / Classe concreto Relação ac / Consumo cimento (kg/m³)				Cobrimento (mm) / Classe concreto Relação ac / Consumo cimento (kg/m³)				Cobrimento (mm) / Classe concreto Relação ac / Consumo cimento (kg/m³)			
Loje	20/C20 0,65/260	25/C25 0,6/280	35/C30 0,55/320	45/C40 0,45/360	25/C25 0,6/280	35/C35 0,5/300	45/C40 0,45/340	55/C50 0,40/360	30/C30 0,60/280	40/C40 0,50/340	50/C40 0,40/360	65/C50 0,40/380
Viga/pilar	25/C20 0,65/260	30/C25 0,6/280	40/C30 0,55/320	50/C40 0,45/360	30/C25 0,6/280	40/C35 0,5/300	50/C40 0,45/340	60/C50 0,40/360	35/C30 0,60/280	45/C40 0,50/340	55/C40 0,40/360	70/C50 0,35/380
Elementos em contato com solo	30/C20 0,65/260	30/C25 0,6/280	40/C30 0,55/320	50/C40 0,45/360	30/C25 0,6/280	40/C35 0,5/300	50/C40 0,45/340	60/C50 0,35/360	40/C30 0,60/280	45/C40 0,45/340	55/C40 0,40/360	70/C50 0,35/380

Fonte: TUTIKIAN ET AL (2015).

Pode-se observar na tabela 4 que, o cobrimento é menor quanto maior as dimensões dos elementos, sejam a largura da viga ou o menor lado do pilar. Na tabela 5 observa-se que quanto maior a classe de agressividade ambiental e a durabilidade desejada maior é a classe de concreto, maior o consumo de cimento e menor a relação água-cimento necessária à execução destes elementos que compõem sistema estrutural.

2.3.2 Desempenho térmico

A aplicabilidade da ND, no que diz respeito ao desempenho térmico, está ligada às decisões durante a fase de planejamento e com as especificações dos projetos e memorial descritivo. Um exemplo disso é a influência da posição da edificação em relação ao sol, da área e posição das aberturas, das características dos materiais empregados como esquadrias, telhas, entre outros. Deve-se ressaltar a importância da zona bioclimática na qual a edificação se insere, visto que esta é a principal fonte emissora de calor, a qual pode predominar o calor ou frio, podendo haver divergências para as soluções indicadas para cada zona bioclimática (ABNT, 2013).

Matos (2007) indica que, para a zona bioclimática 3, em que se encontram cidades como Florianópolis, Porto Alegre, São Paulo e Belo Horizonte, a melhor orientação solar foi aquela em que as janelas dos dormitórios estavam voltadas para o norte e as janelas da sala e cozinha voltadas para o sul. Segundo o autor, para o dormitório predomina o desconforto por frio, para a sala o desconforto por calor e pela soma de graus-hora de desconforto predomina o calor, sendo indicado, portanto o uso de coberturas claras, obtendo melhores resultados as coberturas de telha cerâmica, lã de vidro e forro de madeira, em detrimento da cobertura de fibrocimento.

Matos (2007) descreve que sistemas de vedação leves, com transmitância térmica de $1,2\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, possuem resultados de desempenho térmico superiores aos sistemas de vedação pesadas devido aos menores valores de transmitância térmica (U). Quanto à análise de áreas de aberturas a área de 15% em relação a área do piso é a que apresentou melhor resultado, sendo identificado que a utilização de sombreamento proporcionou maior impacto no desempenho da sala.

Tonso e Nardelli (2015) sugerem que o uso do *Building Information Modeling* – BIM (Modelagem de Informações da Construção) pode ser um facilitador para a aplicação da ND, pois os fornecedores podem fornecer bibliotecas de elementos e sistemas que possuam informações que possibilitem a confecção de projetos que atendam a Norma e sugere que outros softwares ou ferramentas possam utilizar o modelo criado em software BIM para realizar a análise da simulação térmica, facilitando este processo.

Melhorias no desempenho térmico podem representar melhor eficiência energética. Brito (2015) indica que técnicas passivas de climatização de ambientes, como as que consideram a inércia térmica, podem contribuir para a redução do uso de sistemas de climatização artificiais e consumo de energia elétrica. O autor sugere o uso de paredes de maior capacidade térmica, menor área de piso, maior área na fachada em relação ao volume do ambiente, o uso de cores claras nas fachadas e dispositivos de sombreamento em aberturas. Filho (2015) sugere que fachadas ventiladas podem melhorar o desempenho térmico da edificação, tanto para períodos de calor quanto de frio.

O selo casa azul da Caixa possui requisitos nas categorias projeto e conforto e eficiência energética similares ou que se relacionam ao desempenho térmico da ND. Assim a CAIXA (2013) estimou que, para um edifício de quatro pavimentos e quatro apartamentos por andar, sendo um convencional e outro com soluções de melhor desempenho térmico, haveria cerca de 15% a 17% de economia de energia destinada ao condicionamento ambiental e que seria necessário um investimento de cerca de R\$ 2.000,00 por apartamento. A tabela 6 apresenta as soluções adotadas e os custos estimados.

Tabela 6 – Comparativo de soluções adotadas para melhoria do desempenho térmico segundo requisitos da Casa Azul

ESTRATÉGIA	CASO BASE (sem aplicação dos requisitos do Selo Casa Azul)	CASO COM APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DO SELO CASA AZUL	CUSTO ACRESCIDO PARA CASO COM SELO (R\$) / m2
Variação da absorvância em cobertura (pintura telha de fibrocimento)	Absorvância de 0,80	Absorvância de 0,30	R\$ 11,67/ m2 R\$1.984,00 total
Variação da absorvância em paredes	Absorvância de 0,70	Absorvância de 0,30	R\$ 0,00
Mudança para parede com menor transmitância	Parede em concreto 10 cm R\$80 a R\$140,00/m2	Parede em bloco de 14x19x39 sem acabamento R\$ 60,00/m2	*R\$ / m2
Isolamento na cobertura	Sem isolamento	Com isolamento em manta de alumínio	2mm: R\$ 5,56 / m2 R\$ 896,00 total 5mm: R\$ 7,92 / m2 R\$ 1.276,00 total
Sombreamento nas esquadrias dos dormitórios	Sem sombreamento R\$639,00 por janela	Com veneziana R\$924,00 por janela	R\$ 285 por janela por 32 janelas = R\$ 9.120,00
Aumento na área e fator de ventilação das esquadrias da sala	% de ventilação de 4%; fator de ventilação de 0,32 - R\$ 520,00	% de ventilação de 9,9%; fator de ventilação de 0,60- R\$ 624,00	R\$ 104 por janela por 16 janelas = R\$ 1.664,00
Aumento na área e fator de ventilação das esquadrias dos dormitórios	% de ventilação entre 7,5 e 7,8%; fator de ventilação de 0,45 - R\$ 639,00	% de ventilação entre 8,8 e 9,1%; fator de ventilação de 0,45 - R\$745,00	R\$ 106 por janela por 32 janelas = R\$ 3.408,00
Sombreamento nas esquadrias da sala	R\$ 520,00	R\$ 1.300,00	R\$780 por janela por 16 janelas = R\$ 12.480,00

Fonte: CAIXA (2013).

A averiguação do atendimento à ND quanto ao desempenho térmico necessita de avaliação por profissional ou instituição capacitada, através do método simplificado ou por simulação computacional. Portanto, são necessários dados como transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) dos materiais. Estes parâmetros podem ser calculados e obtidos de acordo com a NBR 15.220-2 e NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), ou devem ser fornecidas pelo fabricante, o qual deverá atestá-lo por meio de relatórios de ensaios. Assim sendo, evidencia-se a necessidade de profissionais capacitados para tal, bem como o investimento dos fornecedores em ensaios para avaliar as características de seus produtos.

Segundo a CBIC (2015), a melhoria do desempenho térmico pode se dar por interrupção de 50% da radiação solar incidente por barreiras externas como brises e marquises

ou internas como cortinas e persianas, desde que seja incluso no MUOM que é necessário o uso destes para atendimento do desempenho térmico. Para prover maior conforto térmico, isolamento acústica e durabilidade da fachada se considera adequada a espessura de 3cm de revestimento (CBIC, 2015).

Ainda assim há lacunas nesta área. Sorgato et al (2014) demonstram que a Norma não considera parâmetros importantes como cargas térmicas internas, condições de contato com o solo e ventilação natural. Segundo os autores, o contato do piso com o solo pode prejudicar o desempenho térmico a ponto de deixá-lo abaixo dos requisitos mínimos da ND, alguns dos resultados indicaram que as avaliações do desempenho térmico pelo método simplificado e por simulação não apresentaram equivalência e sugeriram melhoria no procedimento de avaliação para uma avaliação baseada nos graus-hora de aquecimento ($^{\circ}\text{ChA}$) para a condição de inverno e graus-hora de resfriamento ($^{\circ}\text{ChR}$) para a condição de verão, por alegar que este está mais próximo da realidade de uso. Ferreira (2012) também critica o método da Norma e indica que as envoltórias frequentemente usadas na construção de habitações de interesse social são capazes de garantir o desempenho térmico mínimo exigido pela Norma na maioria das zonas bioclimáticas.

Chvatal (2014) sugere que alguns autores têm levantado críticas ao método simplificado de avaliação do desempenho térmico da ND e comprova que o mesmo não representa de forma correta os impactos da transmitância e da absorvância, como o método de simulação, mas reconhece sua importância pois proporciona uma análise rápida de habitações com nível baixo de complexidade, como habitações de interesse social. Chvatal e Marques (2016), através da simulação computacional de uma edificação pelo método da ASHRAE 55 e pelo método da ND, identificaram que a presença de venezianas e beirais tem impacto significativo no desempenho térmico.

Matos (2015) identificou que, mesmo em edificações que atendam ao critério do desempenho térmico no período de verão, a edificação pode chegar a temperaturas altas. O autor sugere que habitações populares possuem dificuldade de atendimento à Norma quanto ao período de frio, obrigando os moradores a fechar as aberturas, o que pode facilitar a transmissão de doenças respiratórias. De maneira similar Ferreira (2016) sugere que o atendimento da ND não garante o conforto térmico para alguns contextos climáticos e indica que é necessário considerar a capacidade térmica das superfícies, principalmente das paredes da envoltória e as estratégias relacionadas, como a ventilação natural e o sombreamento.

2.3.3 Desempenho acústico

Analogamente, o desempenho acústico também é complexo e impõe dificuldades para previsão dos resultados. Ele pode ser explicado pela Lei das Massas, que determina que quanto maior a densidade melhor a redução da propagação do som. No entanto também depende de fatores como a colocação da argamassa, a existência de orifícios, caixas de luz, estrutura do edifício, rigidez do sistema de vedação, amortecimento interno, frequência crítica, efeito de coincidência, ressonância e volume da sala (PAIXÃO, 2002 e PINTO, 2011). Inclusive sistemas de vedação com materiais menos densos podem apresentar resultados de isolamento sonora superiores, embora, em geral, os sistemas de vedação convencionais atendam ao nível mínimo da Norma, variando resultados entre 37 a 44 dB (PINTO, 2011).

Em estudo comparativo com as exigências de desempenho acústico entre Brasil e Portugal, percebeu-se que em Portugal há um único parâmetro (decreto-lei nº 96/2008) que considera que os sistemas de vedação devem possuir o índice de isolamento sonoro maior que 50dB, que é o valor do nível superior da nossa norma em áreas que são mais exigidas, sendo o nível inferior entre 40 a 44dB e o intermediário entre 45 a 49dB, também dependendo do local de uso. No entanto por requererem melhor vedação para conforto térmico durante o inverno as edificações portuguesas recebem influência positiva para atendimento à acústica (NETO E BERTOLI, 2010).

Neto (2009) sugere que os resultados do desempenho acústico não dependem somente do material que compõe o sistema de vedação e indica o acompanhamento da execução do sistema a fim de identificar falhas e frestas que prejudiquem o poder de isolamento da vedação. Ribeiro (2015) também considera que a ND possui valores brandos em relação aos padrões de outros países, no entanto sugere que a maioria das atuais técnicas construtivas brasileiras não conseguem atingir ao desempenho acústico previsto na ND.

A tabela 7 e figura 11 indicam os valores exigidos por outros países quanto ao isolamento de ruído aéreo e demonstram que os parâmetros adotados no Brasil estão um pouco abaixo de outros países.

Tabela 7 – Valores internacionais de referência de nível de isolamento de ruído aéreo entre unidades habitacionais

País	Documento	Partições Verticais (Paredes)
		Valor mínimo de isolamento de ruído aéreo
África do Sul	SABS 0218-1 (1999)	$D_{nT,w} \geq 45$ dB
Alemanha	DIN 4109 (1989)	$R'_{w} \geq 53$ dB
Argentina	IRAM 4044 (1985)	$R_w \geq 48$ dB
Austrália	<i>Building Code of Australia</i> , 2004	$R_w + C_{tr} \geq 50$ dB $D_{nT,w} + C_{tr} = 45$ dB
Bélgica	NBN S01-400 (2007)	$D_{nT,w} \geq 58$ dB (conforto normal) $D_{nT,w} \geq 62$ dB (conforto superior)
Canadá	<i>National Building Code of Canada</i> , 1985	$FSTC = 55$ dB
Chile	<i>La Ordenanza General de Urbanismo Y Construcciones</i> , 2007	$R'_{A,w} \geq 45$ dB(A)
Espanha	NBE-CA-88 (Real Decreto 1371/2007)	$D_{nTA} \geq 50$ dB(A)
Estados Unidos	<i>International Building Code</i> , 2000	$STC = 50$ ou $FSTC = 45$ dB
Finlândia	<i>National Building Code of Finland, Part C1</i> , 1998	$R'_{w} \geq 55$ dB
França	<i>Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA)</i> , 1999	$D_{nTA} \geq 53$ dB
Holanda	NEN 1070 (1999)	$D_{nT,w} + C = 52$ dB, para Classe III $D_{nT,w} + C = 57$ dB, para Classe II
Itália	Lei 447/95 DPCM 5/12/97	$R'_{w} \geq 50$ dB
Japão	Building Standard Law	$R'_{r} \geq 50$ dB
Noruega	NS 8175.E (2005)	$R'_{w} \geq 55$ dB
Nova Zelândia	<i>Building Code Clause G6</i> , 2004 (Draft)	$R_w \geq 55$ dB $D_{nT,w} + C_{Tr} \geq 55$ dB
Polónia	PN-B-02151-3 (1999)	$R'_{w} + C \geq 50$ dB
Portugal	Decreto-Lei nº 96/2008	$D_{nT,w} \geq 50$ dB
Reino Unido	<i>E Document - The Building Regulations 2000</i> (ed. 2003)	$D_{nT,w} + C_{tr} \geq 45$ dB

Fonte: NETO (2009).

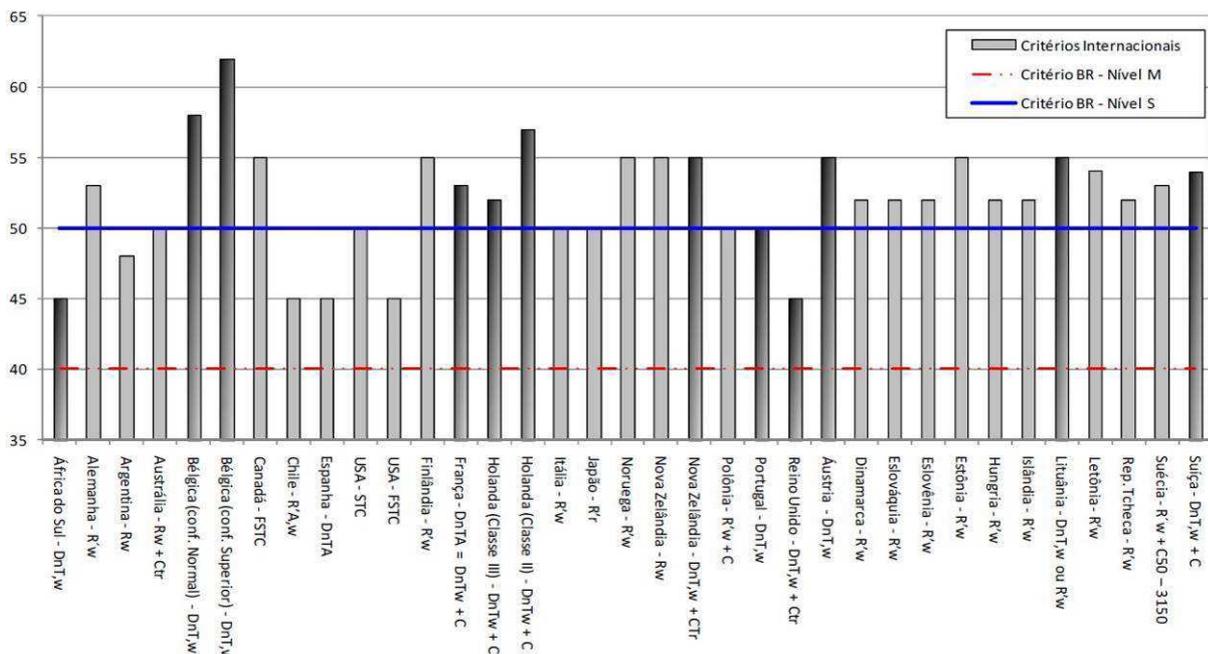


Figura 11 – Critérios internacionais para isolamento de ruído aéreo em partições verticais

Fonte: NETO (2009).

Atualmente existem alguns fabricantes de soluções acústicas, como mantas, que já estão testando sistemas com seus produtos, a fim de garantir o atendimento da Norma. Entretanto deve-se considerar que os resultados obtidos são válidos apenas para aquele sistema testado e não se deve extrapolá-lo, pois a mudança de elementos construtivos podem causar prejuízos ao desempenho.

Segundo a Proacústica (2014), entre as principais dificuldades encontradas pelas construtoras está o isolamento acústico de fachadas, principalmente nas janelas, por poucas possuírem laudo de isolamento acústico e por existirem deficiências na sua instalação que comprometem o desempenho.

Para cumprimento do desempenho acústico é necessário projetar e especificar sistemas já testados e aprovados ou realizar ensaios *in loco* (na edificação) ou em laboratório. Embora não esteja previsto na Norma, Pinto (2011) alega ser possível a avaliação do desempenho acústico através de simulações computacionais, pois comparou resultados destes com ensaios acústicos em campo e identificou boa correspondência entre eles.

A importância do desempenho acústico é tamanha que em 2013 um edifício em Salvador elaborou um projeto de acústica baseado no nível superior da ND, com consultoria especializada em acústica para participar do projeto, desenvolvimento e entrega da obra. Nessa obra foi dada atenção especial à análise dos pisos dos quartos, ruído de impacto, em que se propôs a solução de laje maciça com 14cm, manta de lã de vidro de alta densidade com 1,5cm e contrapiso com 4cm de espessura alcançando $L'nT=45dB$ (PROACÚSTICA, 2013).

Também foram elaboradas medições de ruído em campo, cálculos acústicos para dimensionamento acústico das vedações verticais e sistemas de pisos e coberturas pelo software SONARchitect, análise de soluções para isolamento das máquinas da edificação e projetos específicos para áreas como salão de festas, salão de jogos, squash, academia e piscina coberta (PROACÚSTICA, 2013).

2.3.4 Desempenho lumínico

Para avaliação do desempenho lumínico é necessária avaliação de projeto para verificação da iluminação artificial mínima, simulação computacional para verificação do requisito de iluminação natural mínima e medição *in loco* do fator de luz diurna (FLD), que é

a porcentagem entre a iluminação interna e a iluminação externa à sombra, sendo nos dois últimos havendo requisitos apenas para os ambientes: sala de estar, dormitório, copa/cozinha e área de serviço. O banheiro, corredor, escada e estacionamento não são requeridos. Deve-se ressaltar que o projeto deve atender a ISO NBR 8995-1 e a especificação das lâmpadas que atendam devem estar no MUOM.

Poli e Zorzi (2014) sugerem que a ND privilegia a economia de energia, pois estimula a adoção de aberturas em alturas próximas às alturas das superfícies de trabalho e que aumentando índices de iluminância natural reduz a necessidade de uso de iluminação artificial. Os autores argumentam que em relação ao requisito de iluminação artificial a Norma não estabelece diferentes valores em função das atividades a serem realizadas, como outras normas internacionais, como a norma dinamarquesa DS 700:2005, dificultando atividades que exigem maior iluminação como a leitura.

Vier et al (2015) indicam que mesmo edificações de interesse social podem atender com facilidade ao requisito de iluminação natural, no entanto a orientação desta iluminação pode não ser adequada e gerar maior consumo de energia elétrica.

2.3.5 Durabilidade e manutenibilidade

Bento et al (2016) observaram, através de visitas em obras de Recife, que a maioria dos engenheiros responsáveis por obras de edificação considera a ND vantajosa e importante para a construção civil, pois oferece uma edificação de maior vida útil, diminui os impactos ambientais e estimula as inovações tecnológicas.

Silva et al (2016) sugerem que, embora a maioria dos entrevistados considerem a Norma importante, ainda há resistência por parte dos construtores para a adoção da ND. Os autores consideraram que a justificativa seria a cultura de rejeitar o que é novo e a tendência de optar por meio construtivo com menor custo inicial, mesmo que desconsiderando às exigências quanto à durabilidade e vida útil dos sistemas. Sugerem ainda que é necessário a fiscalização da adoção da ND nas obras em execução.

Bolina e Tutikian (2016) observam que não existe norma prescritiva nacional que estipule parâmetros para atendimento aos níveis intermediário e superior de durabilidade e vida útil de sistemas estruturais, visto que a NBR 6118:2014 estipula parâmetros somente

para VUP de 50 anos que é o nível mínimo da ND. Deste modo os autores sugerem parâmetros para estruturas de concreto armado em estruturas enterradas para atendimento ao nível superior da Norma através do estudo de normas internacionais e modelos matemáticos. A tabela 8 apresenta a recomendação dos autores para projetos de fundações que visam atender ao VUP de 75 anos e varia em função da agressividade do solo, para as demais situações deve-se considerar a tabela 4 e 5 já apresentada no item 2.3.1.

Tabela 8 – Recomendações para especificação de concretos em estruturas enterradas que visam atender ao VUP de 75 anos

Condição de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo (% em massa)	Classe de concreto	Relação a/c máxima	Consumo de cimento mínimo (kg/m ³)	Tipo de cimento	Cobrimento nominal (mm)
Fraca	0,00 a 0,10	C40	0,50	340	Cimento CPIIE ou CPIIZ ou utilização de 5% de sílica ativa ou metacaulim	45
Moderada	0,10 a 0,20	C40	0,40	370	Cimento CPIII (com no mínimo 60% de escória) ou CPIV (com no mínimo 30% de pozolana) ou utilização de 10% de sílica ativa ou metacaulim	55
Severa	Acima de 0,20	C50	0,35	400	Cimento resistente a sulfato	70

Fonte: BOLINA E TUTIKIAN (2016).

A tabela 8 indica que quanto maior a agressividade do solo, que é medido em função da quantidade de sulfato solúvel em água, maior a classe do concreto, consumo de cimento, cobrimento e adições no cimento e menor a relação água-cimento na mistura.

Quanto à manutenibilidade, Zanotto et al (2015) sugerem que esta não tem sido levada em consideração durante o projeto, resultando em elevados custos e dificuldades para realização da manutenção das edificações e seus sistemas. Portanto os autores sugerem diretrizes para o atendimento deste aspecto, conforme tabela 9.

Tabela 9 – Diretrizes para o atendimento ao critério de manutenibilidade ao longo do processo de projeto

Planejamento do Empreendimento	Análise dos riscos e condições ambientais de exposição que possam impactar a durabilidade e a manutenibilidade dos sistemas, materiais e componentes da edificação.
Estudo Preliminar	Análise do projeto a fim de verificar espaços e acessos visando facilidade de manutenção em coberturas, reservatórios, casas de bombas, quadros medidores e outras áreas de uso comum. Especificação da vida útil de projeto para materiais, sistemas e componentes conforme critérios da NBR15575:2013.
Anteprojeto	Análise de custos ao longo da vida útil na especificação de materiais, componentes, sistemas e equipamentos da edificação.
Projeto Legal	(Não identificado)
Projeto executivo	Especificação de materiais levando em consideração a sua durabilidade dentro das condições de exposição, bem como considerando as suas características de manutenção. Especificação e escolha de equipamentos com menores custos de manutenção.
Acompanhamento de obra	Elaboração de projetos <i>as built</i> . Elaboração Manual de uso, operação e manutenção. Acompanhamento da execução visando garantir a correta aplicação dos materiais e execução dos serviços obedecendo às especificações de projeto e boas práticas de execução.
Acompanhamento de uso	Elaboração de Programa de Manutenção Preventiva e realização de inspeções prediais periódicas.

Fonte: ZANOTTO ET AL (2015).

Zanotto et al (2015) observaram ainda que: geralmente o MUOM concentra-se no ponto de vista de proteção do incorporador e construtor em relação a garantias e responsabilidades. As normas, em relação aos manuais, avaliam a disposição, mas não a qualidade da informação. Os manuais são pouco valorizados e consultados pelos usuários ou administradores do condomínio e que há deficiências no programa de manutenção preventiva em relação a informações constantes no manual e na sistemática de gestão das manutenções.

De maneira similar, Hippert et al (2015) indicam que boa parte das informações solicitadas pela NBR 14037:2011 constam nos manuais, porém as informações são deficientes quanto à ND e em relação aos programas de manutenção, inclusive em relação aos períodos em que devem ser realizados. Os autores indicam que a maior quantidade de solicitações de manutenção está relacionada aos sistemas hidrossanitários, embora alguns sejam considerados improcedentes devido ao mau uso, e que não há uma cultura de manutenção em edificações. Sugerem ainda a importância da qualidade dos serviços prestados, dos materiais utilizados e da conscientização dos usuários quanto ao correto uso e manutenção do imóvel.

Portanto evidencia-se a importância do MUOM no atendimento ao aspecto de manutenibilidade da ND. Deve-se destacar que existem materiais que instrumentam a elaboração do MUOM, entre eles destaca-se o guia elaborado pela CBIC (2014) que orienta como estes manuais devem ser elaborados e que informações devem conter.

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, este trabalho fundamentou-se no estudo de caso como estratégia de pesquisa, visto que este permite uma investigação de características holísticas e significativas de eventos da vida real (YIN, 2001). Segundo Hamel (1993), o estudo de caso pode ser realizado através de entrevistas, semiestruturadas ou não estruturadas, questionários, observações e estudos de campo, que devem ser escolhidos de acordo com a tarefa a ser cumprida.

3.1 DESCRIÇÃO DA OBRA OBJETO DE ESTUDO

A obra estudada consiste num edifício habitacional de alto padrão que foi projetada e construída com a intenção de atender ao nível superior da NBR 15.575/2013. Tal edificação localiza-se em área nobre da cidade de Novo Hamburgo, com terreno de 3.074,12 m² e cerca de 18.000 m² de área construída. É composta por 26 pavimentos, com 32 apartamentos de 2 dormitórios, 32 apartamentos de 3 dormitórios e 8 apartamentos do tipo LOFT (figuras 12 e 13). O edifício possui ampla infraestrutura de lazer no térreo, contendo: quadra esportiva, piscina, salão de festas entre outros (figura 14). Também prevê aquecimento coletivo solar de água com apoio a gás e tratamento de efluentes cloacais com reuso de água. Esta pesquisa iniciou-se enquanto a obra encontrava-se no 8º pavimento tipo.



Figuras 12 e 13 – Imagem renderizada do edifício e fotografia da obra em junho de 2016

Fonte: Site da empresa. Acesso em: agosto de 2016.



Figura 14 – Planta baixa do pavimento térreo
 Fonte: Site da empresa. Acesso em: outubro de 2015.

Na figura 15 observa-se a planta baixa dos pavimentos tipo e nas figuras 16 e 17 a planta baixa dos *LOFTs*, apartamentos com características próprias, como poucas divisões internas e pé direito duplo.



Figura 15 – Planta baixa dos pavimentos tipo
 Fonte: Site da empresa. Acesso em: outubro de 2015.



Figura 16 – Planta baixa do primeiro pavimento do LOFT
 Fonte: Site da empresa. Acesso em: outubro de 2015.



Figura 17 – Planta baixa do segundo pavimento do LOFT
 Fonte: Site da empresa. Acesso em: outubro de 2015.

Portanto a edificação estudada possui características próprias, como método construtivo, concepção arquitetônica, posição, local e zona bioclimática em que se encontra, entre outros. Assim os resultados encontrados para este estudo podem não se aplicar para outras edificações.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O foco da pesquisa foi identificar as principais mudanças e desafios na implantação do nível superior da ND na edificação estudada. Para tal, foi necessário dividi-la

em duas etapas. A primeira trata-se de uma análise quali-quantitativa da Norma e descreve como os critérios encontram-se distribuídos e quais destas relações foram mais relevantes para o atendimento da Norma, justifica-se pela complexidade e amplitude da Norma. E a segunda é uma análise das principais mudanças e desafios observados na implantação do nível superior da Norma e encontra-se delimitada pelas relações consideradas como mais relevantes na etapa anterior. A figura 18 indica as questões de pesquisa, objetos de estudos e as bases de informações ou fontes de evidências utilizadas.

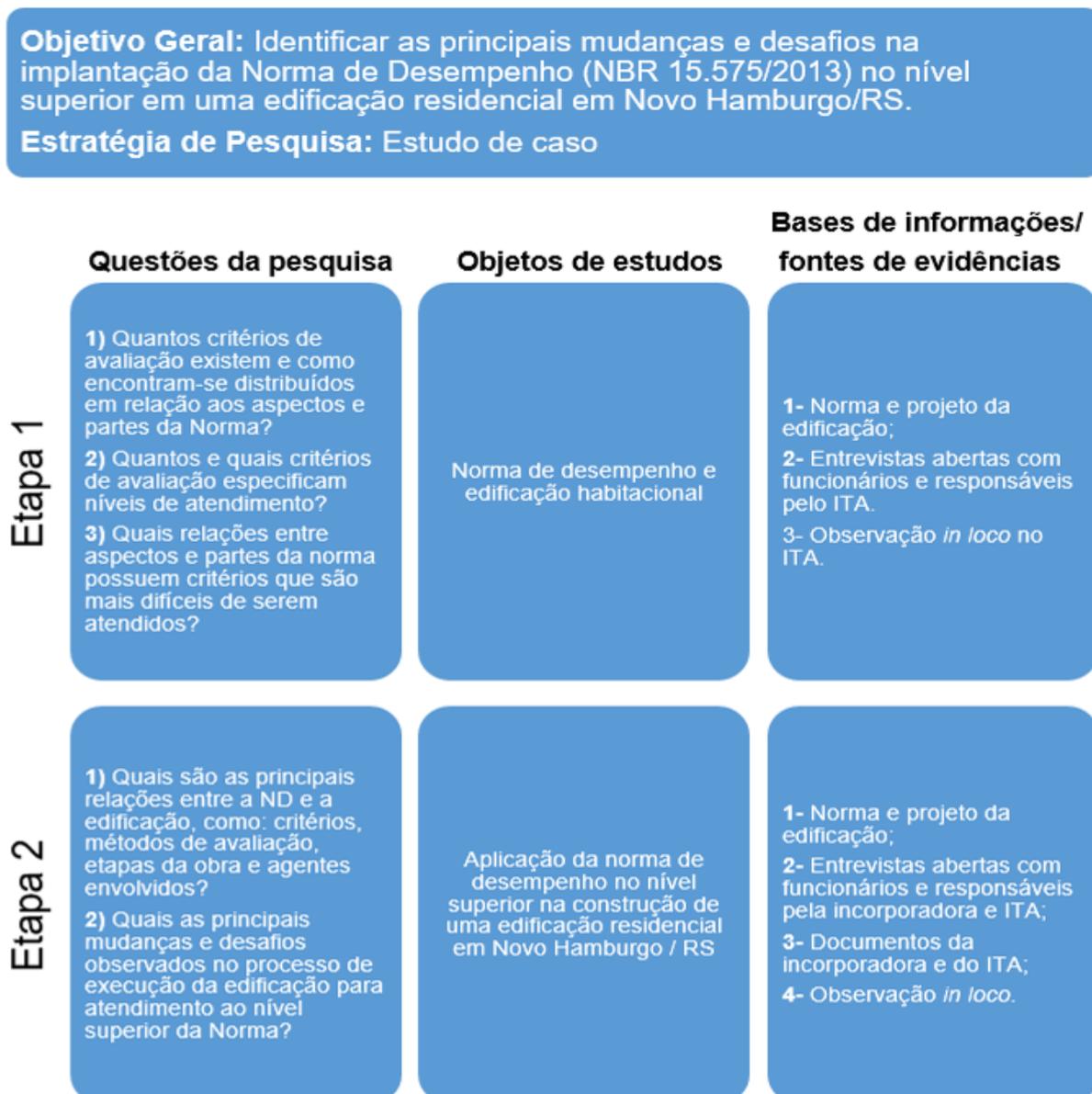


Figura 18 – Delineamento da pesquisa

3.2.1 Etapa 1 – Análise Quali-Quantitativa da Norma de Desempenho

As questões de pesquisa que nortearam o trabalho nesta etapa foram:

- quantos critérios de avaliação existem e como encontram-se distribuídos em relação aos aspectos e partes da ND?
- quantos e quais critérios de avaliação especificam níveis de atendimento como mínimo, intermediário e superior?
- quais relações entre aspectos e partes da Norma possuem critérios que são mais difíceis de serem atendidos?

Para responder estas questões foram realizadas três atividades. A primeira resume-se a uma análise quantitativa da ND. Consistiu na identificação dos critérios de avaliação da Norma. Utilizou-se como ferramentas tabelas e gráficos para demonstrar a distribuição dos critérios em função dos aspectos e partes da Norma.

Na segunda atividade identificou-se quais critérios da ND possuíam mais de um nível de atendimento e comparou-se o total destes com o total geral de critérios, por meio de tabelas e gráficos. Também comparou-se os critérios mínimos e superiores afim de mensurar o quanto o nível superior é mais restritivo e potencialmente mais difícil de ser atendido.

A terceira e última atividade resume-se a uma análise qualitativa da ND. Visto a amplitude do tema, buscou-se elencar as relações entre aspectos e partes da Norma com critérios mais exigentes e, assim, focar a pesquisa em elementos mais relevantes. Esta atividade exigiu uma análise mais minuciosa dos critérios da Norma, afim de identificar quais critérios seriam potencialmente mais difíceis de serem atendidos, quais não se aplicavam a edificação em questão e quais seriam facilmente atendidos.

Para tal identificou-se quais os sistemas construtivos previstos para a edificação e, através de entrevistas, quais os resultados esperados dos ensaios e soluções que possivelmente auxiliariam no atendimento da Norma no nível superior. Foram considerados mais difíceis aqueles critérios que exigem mais alterações nos sistemas construtivos previstos ou na rotina da execução da edificação (como análises, elaboração de documentos como o MUOM etc).

Importante ressaltar que o guia da CBIC (2013) para atendimento da ND também possui orientações neste sentido e pode ter contribuído para esta atividade. Foi utilizado como base para esta análise: a ND, o projeto arquitetônico da edificação, entrevistas abertas com

funcionários e responsáveis pela ITA. Foram entrevistadas cinco pessoas e o tema geral tratava-se dos critérios mais difíceis de serem atendidos. Também foram realizadas observações *in loco* na ITA e entrevistas abertas com laboratoristas, analistas e responsáveis pela ITA afim de compreender melhor os ensaios realizados e os resultados esperados.

Ao fim, foi elaborada uma tabela em função dos aspectos e partes na Norma cuja classificação considerava como “A” aquelas relações que possuíam critérios facilmente atendidos, “B” os que exigem poucas adaptações e “C” os que possuíam maior grau de dificuldade de atendimento. As relações que não possuem classificação são aquelas que não possuem critérios de avaliação ou os critérios não se aplicam à edificação estudada. Após a tabela foram apresentados os motivos pelos quais estas relações foram classificadas como “A”, “B” ou “C”.

3.2.2 Etapa 2 – Análise das Principais Mudanças e Desafios Observados na Implantação do Nível Superior da Norma

As questões de pesquisa que nortearam o trabalho nesta etapa foram:

- quais são as principais relações entre a ND e a edificação, como: critérios, métodos de avaliação, etapas da obra e agentes envolvidos?
- quais as principais mudanças e desafios observados na obra para atendimento do nível superior da Norma?

Para responder estas questões foram realizadas duas atividades. Em ambas embasou-se nos aspectos mais relevantes de acordo com a avaliação qualitativa da etapa 1, a saber: desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico e durabilidade e manutenibilidade. Portanto, esta etapa foi organizada em função destes aspectos da ND.

A primeira atividade compreende uma análise da aplicabilidade da ND, voltada às relações dos critérios de avaliação da Norma com a execução da edificação estudada. Inicialmente agrupou-se os critérios de avaliação de mesmo aspecto. Identificou-se quantos e quais foram os critérios, inclusive aqueles que não se aplicam a edificação. Buscou-se relacionar cada critério ao principal método de avaliação, etapa da obra e agente envolvido.

Foram utilizadas tabelas para demonstrar estas ligações e gráficos para apresentar as proporções destas relações.

Os critérios e métodos de avaliação constam na ND. Entretanto, para relacioná-las a etapa de obra e agente envolvido, foi realizada uma análise que inclui: o projeto arquitetônico e memorial descritivo da edificação, cronograma da obra, cronograma dos ensaios e orientações da ITA para atendimento à ND, observação *in loco* e entrevistas à obra e a ITA. Foram entrevistadas 6 pessoas e se questionou como era realizada a avaliação do atendimento à Norma.

A segunda e última atividade resume-se em identificar as principais mudanças e desafios encontrados na execução desta edificação. Foram evidenciadas as relações entre os aspectos e partes da norma que possuem critérios mais complexos de serem atendidos. Considerando estas relações buscou-se as principais alterações, principal responsável relacionado e desafios relacionados ao atendimento da Norma. Utilizou-se de tabelas para apresentar as principais alterações e principais responsáveis em função das partes da norma.

Para esta análise foi utilizado: Observação *in loco* na obra e na ITA e entrevistas abertas com o engenheiro responsável pela obra, os colaboradores e os sócios da incorporadora. Todos com o objetivo de descobrir quais elementos, sistemas ou métodos de execução foram mudados visando atendimento à Norma e quais os maiores desafios.

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA NORMA DE DESEMPENHO

4.1.1 Análise Quantitativa dos Critérios de Avaliação

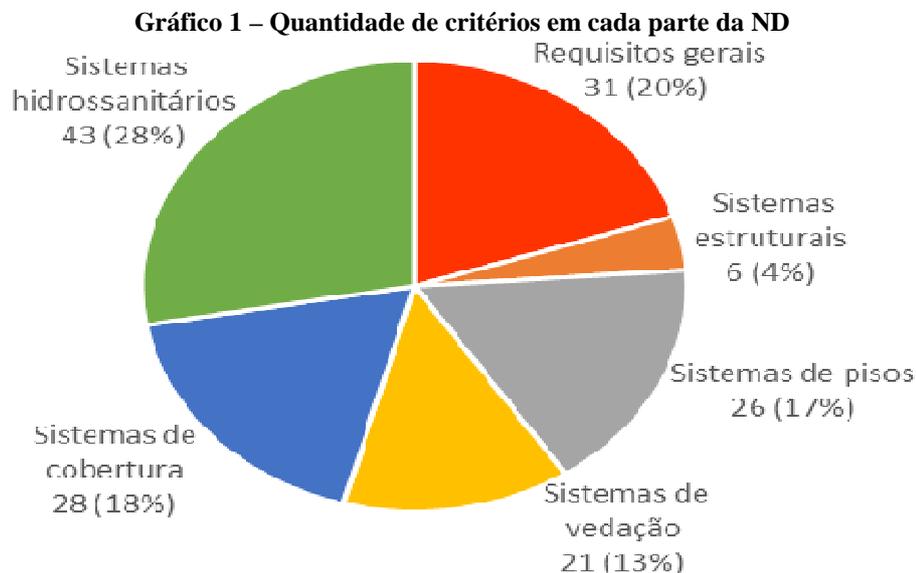
A análise quantitativa é realizada através da identificação da quantidade de critérios em função dos aspectos e partes da Norma, assim como seus totais. A tabela 10 sintetiza esta análise e apresenta a distribuição quantitativa destes critérios. Foi organizada de modo que as linhas da tabela representem as 6 partes da Norma e as colunas representem os 12 aspectos de desempenho.

Tabela 10 – Distribuição da quantidade de critérios de avaliação da ND em função dos aspectos e das partes da Norma

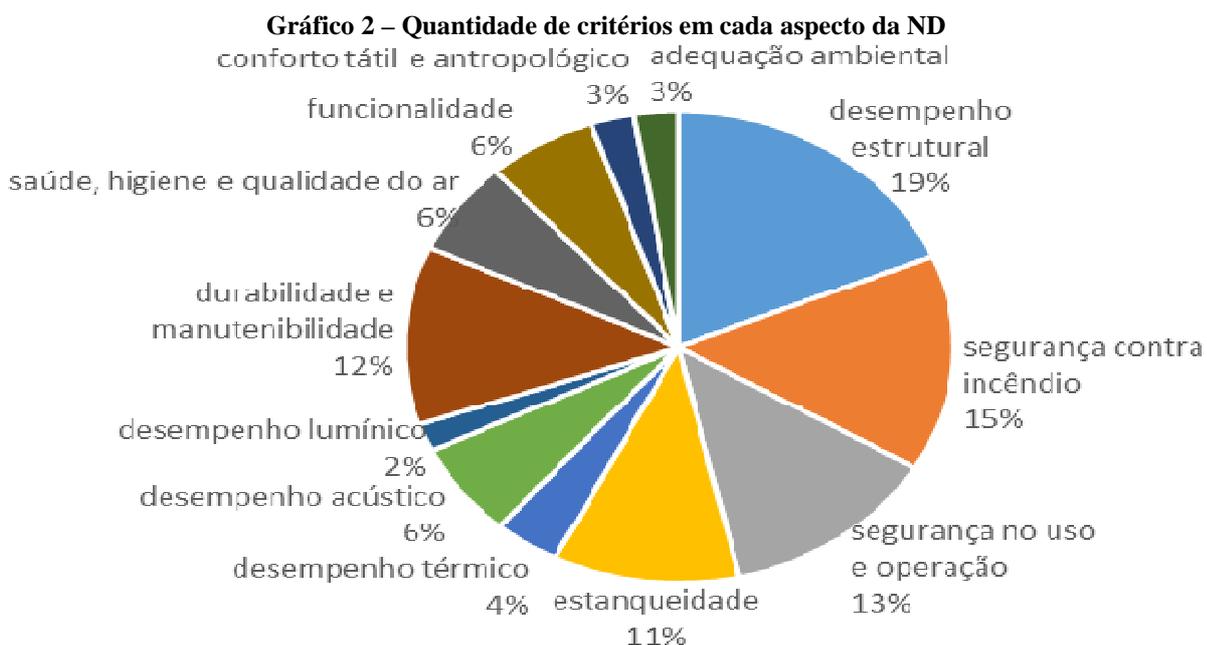
Aspecto de Desempenho	1- Desemp. estrutural	2- Segurança contra incêndio	3- Segurança no uso e operação	4- Estanqueidade	5- Desemp. térmico	6- Desemp. acústico	7- Desemp. luminoso	8- Durabilid. e Manutenibilidade	9- Saúde, higiene e qualidade do ar	10- Funcion. e acessibilidade	11- Conforto tátil e antropodinâmico	12- Adequação ambiental	TOTAL
NBR 15.575-1 Req. Gerais	-	6	2	2	2	3	3	3	3	4	2	1	31
NBR 15.575-2 Sistemas estruturais	4	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	6
NBR 15.575-3 Sistemas de pisos	4	8	4	3	-	2	-	3	-	1	1	-	26
NBR 15.575-4 Sistemas Vedação	7	3	-	3	3	2	-	3	-	-	-	-	21
NBR 15.575-5 Sistemas de coberturas	7	3	6	5	1	2	-	3	-	1	-	-	28
NBR 15.575-6 Sistemas hidrossanitários	7	3	8	4	-	1	-	5	7	4	1	3	43
TOTAL	29	23	20	17	6	10	3	19	10	10	4	4	155

No total, a ND possui 155 critérios de avaliação. Em função das partes da Norma, as que possuem maior quantidade de critérios são, respectivamente: NBR 15.575-6 - sistemas hidrossanitários com 43 critérios, NBR 15.575-1 - requisitos gerais com 31, NBR 15.575-5 - sistemas de coberturas com 28, NBR 15.575-3 - sistemas de pisos com 26, NBR 15.575-4 -

sistemas de vedação com 21 e NBR 15.575-2 - sistemas estruturais com 6 critérios. O gráfico 1 permite visualizar como os 155 critérios de avaliação estão distribuídos nas seis partes da Norma.



Também é possível identificar a grande proporção de critérios nas partes relativas aos sistemas hidrossanitários (28%), requisitos gerais (20%), sistemas de coberturas (18%) e sistemas de pisos (17%) e menor proporção para os sistemas de vedação (13%) e sistemas estruturais 4%. O gráfico 2 demonstra como os critérios de avaliação estão distribuídos em relação aos aspectos da Norma.



Considerando os aspectos de desempenho, conforme tabela 10, os que possuem maior quantidade de critérios são: desempenho estrutural (29), segurança contra incêndio (23), segurança no uso e operação (20), durabilidade e manutenibilidade (19), estanqueidade (17). O que também pode ser observado no gráfico 2, sendo que em proporção representam: desempenho estrutural (19%), segurança contra incêndio (15%), segurança no uso e operação (13%), durabilidade e manutenibilidade (12%) e estanqueidade (11%). Portanto, os menos representativos em relação à quantidade possuem 10 critérios ou menos e proporção abaixo de 7%.

4.1.2 Critérios de avaliação que estabelecem níveis de atendimento

Após identificar quais critérios da ND possuem mais de um nível de atendimento foi desenvolvida a tabela 11. Sendo possível observar que de 155 critérios de avaliação, apenas 26, ou 16,8% do total, estabelecem mais de um nível de atendimento. Embora a quantidade seja pequena a diferença entre o critério mínimo e superior pode ser relevante para o atendimento à Norma.

Tabela 11 – Comparação entre quantidade total de critérios e total de critérios com níveis de atendimento

NBR	TOTAL DE CRITÉRIOS	CRITÉRIOS COM NÍVEIS	ASPECTOS QUE ESTABELECEM NÍVEIS DE ATENDIMENTO (DESCRIÇÃO DO CRITÉRIO)
15.575-1 - Requisitos gerais	31	7	Desempenho térmico (temperatura em condições de verão e inverno), acústico (ruídos gerados por equipamentos prediais), lumínico (níveis de iluminação natural, fator de luz diurna e artificial) e durabilidade (vida útil de projeto dos sistemas que compõem a edificação).
15.575-2 - Sistemas estruturais	6	2	Desempenho estrutural (resistência à impacto de corpo mole e duro).
15.575-3 - Sistemas de pisos	26	2	Desempenho acústico (ruído de impacto e ruído aéreo)
15.575-4 - Sistemas de vedação	21	6	Desempenho estrutural (resistência à carga suspensa e impacto de corpo mole e duro), estanqueidade (à água de chuva em fachadas e esquadrias), desempenho acústico (ruídos em fachadas e entre ambientes).
15.575-5 - Sistemas de cobertura	28	8	Desempenho estrutural (resistência à impacto corpo mole e duro), estanqueidade (impermeabilidade), durabilidade (vida útil e estabilidade de cor de telhas), desempenho térmico (transmitância térmica) e acústico (ruído aéreo e impacto)
15.575-6 - Sistemas hidrossanitários	43	1	Desempenho acústico (ruídos gerados por equipamentos prediais).
TOTAL	155	26	

Na tabela 11 é possível identificar que há um grande número de critérios (155) a serem considerados para o atendimento à Norma, indicando a amplitude e complexidade de tal tarefa. Desses critérios, 129 só têm um parâmetro, o mínimo, e 26 critérios possuem diferentes parâmetros para o nível mínimo, intermediário e superior. Deve-se observar que é obrigatório o atendimento a todos os requisitos nos critérios de nível mínimo, sendo optativo somente o atendimento ao nível intermediário ou superior.

Embora a quantidade de critérios que possuem nível superior seja 16,8% do total, isso pode representar um grande diferencial para uma edificação. Como exemplo, é possível identificar na parte relativa à VUP: os sistemas e partes da edificação no nível superior possuem VUP 50% maior que o VUP do nível mínimo, podendo representar um ganho econômico para o usuário, pois indica redução no custo de manutenção do edifício ao longo do tempo.

Para o desempenho térmico o nível superior possui uma diferença de 4°C do nível mínimo para condições de verão nas zonas bioclimáticas de 1 a 7 e para condições de inverno nas zonas 1 a 5, o que pode representar redução da energia necessária à climatização artificial do ambiente.

Quanto ao desempenho lumínico, a diferença entre os níveis pode ser do dobro de iluminação natural e artificial exigida. Em determinados ambientes como banheiros, corredores, garagens e escadarias não há exigências para iluminamento natural no nível mínimo, mas há para o nível intermediário e superior.

O desempenho acústico é medido em Db, que é uma unidade logarítmica, sendo que nesta medida um aumento de 6dB significa a duplicação da intensidade sonora, mas o ouvido só percebe a duplicação de volume com um aumento de 10dB (GUYTON, 1967 e GRANDJEAN, 1998 *apud* GONÇALVES et al., 2011). A diferença no desempenho acústico pode chegar a 6dB em equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários, ou seja, metade da intensidade e sensação de cerca de 60% menor. Em sistemas de pisos, vedações e coberturas essa diferença pode ser maior ou igual a 10dB, ou seja, metade do volume audível.

No desempenho estrutural há diferenças entre as exigências em impactos de corpo mole para sistemas estruturais, pisos, vedação, coberturas acessíveis e sistemas hidrossanitários aparentes. Em geral, devem resistir a impactos 33% maiores que o mínimo (480, 720 ou 960J de acordo com o elemento a ser analisado). Em impactos de corpo duro para os mesmos sistemas a carga é a mesma, no entanto admite-se, no nível superior, apenas

mossas com profundidade menor ou igual a 2mm nas menores energias de impacto. Em sistemas de vedação, a exigência relativa às cargas de peças suspensas é 50% maior no nível superior. Sistemas de coberturas, no nível superior, devem resistir à impactos, que simulam a ação de granizo, 150% maiores que o mínimo.

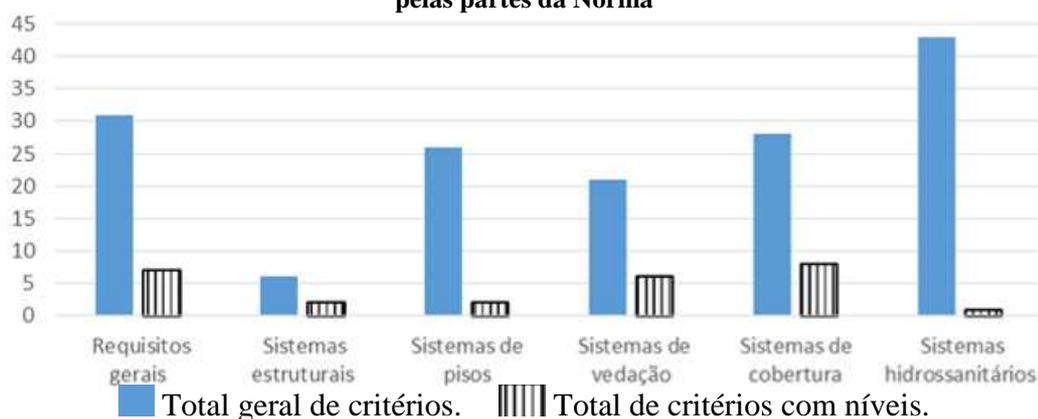
Na estanqueidade em sistemas de vedação o nível superior não permite manchas, enquanto o nível mínimo permite de 5 a 10% de manchas de umidade na face oposta à incidência de água, e os sistemas de coberturas devem apresentar estanqueidade e durabilidade 240% maior que o mínimo. Embora a proporção de critérios com níveis seja pequena, o nível superior é mais restritivo e pode constituir dificuldade no atendimento à ND.

Destes 26 critérios, em relação às partes da Norma: 8 critérios localizam-se na NBR 15.575-5 - sistemas de coberturas, 7 situam-se na NBR 15.575-1 - requisitos gerais, 6 encontram-se na NBR 15.575-4 - sistemas de vedação, 2 na NBR 15.575-2 - sistemas estruturais, 2 na NBR 15.575-3 - sistemas de pisos e 1 na NBR 15.575-6 - sistema hidrossanitário.

Em relação aos aspectos, é possível observar que: 8 critérios são relacionados ao desempenho acústico, 7 são relativos ao desempenho estrutural, 3 estão ligados ao desempenho térmico, 3 relacionam-se ao desempenho lumínico, 3 se relacionam aos critérios de durabilidade e 2 critérios são relativos à estanqueidade. Deverá haver uma atenção especial para estes 26 critérios, considerando que esta edificação busca atender ao nível superior da ND.

O gráfico 3 apresenta comparação da quantidade total de critérios (barra de cor sólida) com o número de critérios com níveis de atendimento (barra listrada) com base na tabela 11.

Gráfico 3 – Comparação entre a quantidade de critérios com níveis com a quantidade total, organizado pelas partes da Norma



4.1.3 Análise Qualitativa da Norma de Desempenho

Considerando o expressivo número de critérios da ND, buscou-se identificar as relações mais impactantes entre aspectos e partes da norma. Por mais impactantes entende-se que exigem maiores mudanças na realização da obra. Desta forma, foi realizada uma avaliação qualitativa que levou em conta os critérios da Norma e as características da edificação.

A tabela 12 apresenta a classificação dos critérios em função da complexidade de atendimento da ND no nível superior, considerando “A” aqueles que são facilmente atendidos, “B” os que exigem poucas adaptações e “C” os que possuem maior grau de dificuldade de atendimento, exigindo mudanças significativas nos sistemas previstos para a edificação ou na rotina da execução da edificação. As relações que não possuem classificação são aquelas que não possuem critérios de avaliação ou os critérios não se aplicam à edificação estudada. Importante ressaltar que esta classificação considera as especificidades da edificação estudada e a busca pelo atendimento à Norma no nível superior, portanto pode não se adequar a outras edificações.

Tabela 12 – Avaliação da complexidade do atendimento de critérios de avaliação em função dos aspectos e das partes da Norma

Aspecto de Desempenho	1- Desemp. estrutural	2- Segurança contra incêndio	3- Segurança no uso e operação	4- Estanqueidade	5- Desemp. térmico	6- Desemp. acústico	7- Desemp. lumínico	8- Durabilid. e Manutibilidade	9- Saúde, higiene e qualidade do ar	10- Funcion. e acessibilidade	11- Conforto tátil e antropodinâmico	12- Adequação ambiental
NBR 15.575-1 Req. Gerais	-	C	B	A	C	A	B	C	B	B	B	B
NBR 15.575-2 Sistemas estruturais	C	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-
NBR 15.575-3 Sistemas de pisos	C	C	B	B	-	C	-	C	-	A	A	-
NBR 15.575-4 Sistemas Vedação	C	C	-	C	C	C	-	C	-	-	-	-
NBR 15.575-5 Sistemas de coberturas	A	A	B	A	A	B	-	B	-	A	-	-
NBR 15.575-6 Sistemas hidrosanitários	B	A	B	A	-	A	-	B	B	A	A	B

Segundo a avaliação qualitativa realizada, as quatro primeiras partes da ND foram avaliadas como mais complexas de serem atendidas, à saber: requisitos gerais, sistemas estruturais, sistemas de pisos e sistemas de vedação.

4.1.3.1 Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-1 – requisitos gerais

Para atendimento da NBR 15.575-1 – requisitos gerais, os critérios que potencialmente exigem mudanças são aqueles relacionados aos aspectos de: segurança contra incêndio, desempenho térmico e durabilidade e manutenibilidade.

No aspecto de segurança contra incêndio, os critérios da ND exigem análises mais extensas quanto às instalações elétricas, de gás, rotas de fuga, risco de colapso estrutural, sistemas de extinção e sinalização de incêndio e de proteção contra descargas atmosféricas. Dentre estas análises destaca-se o atendimento do sistema estrutural à NBR 15.200/2012.

Para atendimento dos critérios de desempenho térmico é necessária a simulação computacional completa da edificação. São necessários inúmeros dados, como as características dos materiais utilizados, localização geográfica, orientação solar, dados climáticos, entre outros.

Quanto ao aspecto de durabilidade e manutenibilidade, é necessário definir a vida útil de projeto (VUP) para cada sistema e elemento que compõe a edificação e comprovar a durabilidade de acordo com as normas específicas de cada elemento ou sistema.

4.1.3.2 Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-2 – sistemas estruturais

A NBR 15.575-2 - sistemas estruturais, possui critérios mais complexos de atendimento com os aspectos de desempenho estrutural e durabilidade e manutenibilidade.

Em relação ao aspecto de desempenho estrutural, prevê limites de deformações e fissuras e realização de ensaios para avaliação da resistência à impactos de corpo mole e duro. Também possui critério relativo ao estado-limite último que se relacionam com normas prescritivas extensas.

Quanto à durabilidade e manutenibilidade, o atendimento aos critérios torna-se complexo, pois é necessário a elaboração do manual do uso, operação e manutenção (MUOM) e a comprovação da VUP. O VUP neste caso é de 75 anos, por ser nível superior, e não se encontra em norma nacional.

4.1.3.3 Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-3 – sistemas de pisos

Na NBR 15.575-3 - sistemas de pisos, os aspectos que possuem critérios mais exigentes são: desempenho estrutural, segurança contra incêndio, desempenho acústico e durabilidade e manutenibilidade.

O atendimento dos critérios relacionados ao desempenho estrutural é complexo, pois exige avaliação da carga concentrada com limite de deslocamento, além dos mesmos critérios estabelecidos para os sistemas estruturais.

Em relação aos critérios de segurança contra incêndio, o atendimento à ND faz uma série de exigências, tais como: a classificação dos materiais utilizados na face inferior e superior quanto à reação ao fogo, a resistência dos elementos principalmente ao tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), que é de 2 horas, considerando a altura desta edificação, selagem corta-fogo nas prumadas elétricas, hidráulicas, tubulação de ventilação, churrasqueiras, entre outros. Fazendo-se necessários ensaios, análises e cuidados adicionais.

Os critérios de desempenho acústico dos sistemas de pisos são relativos ao isolamento de ruído de impacto e aéreo. São complexos de serem atendidos, pois exigem conhecimento e definição de sistema que possa atender os parâmetros estabelecidos, podendo ser necessário a inclusão de novos elementos e procedimentos de execução, e ensaios para avaliação do desempenho.

Quanto à durabilidade e manutenibilidade, além da resistência a abrasão, é previsto a análise da resistência à umidade e coeficiente de atrito dinâmico maior que 0,4 de pisos em áreas molhadas e molháveis e a resistência ao ataque químico, sendo necessários ensaios ou especificação em projeto de materiais que comprovadamente atendam estes requisitos.

4.1.3.4 Relações com critérios mais exigentes na NBR 15.575-4 – sistemas de vedação

Na NBR 15.575-4 - sistemas de vedação, os aspectos que possuem critérios mais exigentes são: desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico, acústico e durabilidade e manutenibilidade. O sistema de vedação pode ser

considerado como o que tem maior complexidade de ser atendido, visto que possui maior número de critérios e aspectos avaliados como difíceis de serem atendidos.

Quanto ao aspecto de desempenho estrutural, devem ser comprovadas: capacidade de suporte de peças suspensas, que no nível superior é de 61,18 kgf por ponto, resistência aos impactos de corpo mole e duro, resistência às ações transmitidas por portas e às ações horizontais, verticais e de impactos em parapeitos de janelas. Exige uma série de ensaios que atestem os parâmetros estabelecidos.

Quanto à segurança contra incêndio, os critérios são similares aos descritos para sistemas de pisos, sendo que se aplica o critério sobre selagem corta-fogo nas paredes de compartimentação como escadas e rotas de fuga. Destaca-se a reação ao fogo onde deve-se avaliar, além das faces internas e externas, os materiais empregados no interior das paredes e a resistência ao fogo durante o TRRF, de 2 horas para esta edificação.

Em relação à estanqueidade, o critério relativo à vedação exige cuidados especiais com a esquadria e sua ligação com a parede, inclusive ensaio para avaliação de sua conformidade. Deve-se ainda avaliar a estanqueidade em áreas molhadas e molháveis.

O atendimento ao aspecto de desempenho térmico é complexo, pois faz parte da simulação térmica da edificação e possui critérios relativos à transmitância e capacidade térmica das paredes externas e sobre as aberturas de ventilação.

Quanto ao desempenho acústico, os critérios são similares aos descritos para sistemas de pisos, no entanto, possui critérios somente para ruídos aéreos. Nesta parte os parâmetros são mais exigentes, especialmente para vedações externas em áreas sujeitas à ruído intenso ou áreas destinadas à descanso. Como exemplo pode-se apontar que para fachadas a edificação deve atingir ao nível de isolamento ($D_{2m,nt,w}$) igual ou superior à 35dB, considerando que enquadra-se na classe de ruído II, já para sistemas de vedação entre unidades em que um dos ambientes é um dormitório ou entre unidade habitacional e áreas comuns com permanência de pessoas, deve atingir o nível de isolamento ($D_{nT,w}$) igual ou superior a 55dB e para demais vedações que separam unidades privativas com outros ambientes, deve atingir o nível de isolamento igual ou superior a 50dB.

Em relação ao aspecto de durabilidade e manutenibilidade, os critérios relativos ao sistema de vedação são exigentes quanto à ação de calor e choque térmico, que exige ensaio, VUP e manutenibilidade, que culmina na elaboração do MUOM.

4.1.3.5 Relações com critérios pouco exigentes

Embora os sistemas de coberturas possuem a maior quantidade de critérios em relação aos outros sistemas (tabela 10) muitos estão relacionados à elementos do telhado, que não existem nesta edificação, pois o projeto prevê apenas laje de cobertura no último pavimento. Inclusive possuem poucos critérios com mais de um nível de atendimento (tabela 11). Observa-se ainda que a maioria destes critérios estão relacionados a verificações de projeto e, em menor escala, a propriedades desejadas de elementos específicos como tubulações, que são de responsabilidade do fabricante. Assim, na análise qualitativa da norma, não foram identificados critérios de difícil atendimento. Considerou-se que critérios exigentes, como o de durabilidade do sistema de impermeabilização, que prevê VUP de 30 anos, está mais relacionado ao sistema de piso do último pavimento, pois será aplicado no mesmo.

Também não possuem critérios de difícil atendimento os aspectos de: segurança no uso e operação, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico e adequação ambiental. Em sua maioria, referem-se a análises de projeto e recomendações, no caso de adequação ambiental.

4.2 ANÁLISE DAS PRINCIPAIS MUDANÇAS E DESAFIOS OBSERVADOS NA IMPLANTAÇÃO DO NÍVEL SUPERIOR DA NORMA

A partir da análise descrita na primeira etapa, que culminou na tabela 12, optou-se por descrever as principais mudanças observadas na busca do atendimento ao nível superior da ND. Concentrou-se nos aspectos de desempenho e partes da norma considerados com critérios mais exigentes e complexos de serem atendidos.

Os aspectos de desempenho selecionados foram: desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, durabilidade e manutenibilidade. As partes da norma avaliadas foram: NBR 15.575-1 requisitos gerais, NBR 15.575-2 sistemas estruturais, NBR 15.575-3 sistemas de pisos e NBR 15.575-4 sistemas de vedação.

4.2.1 Desempenho estrutural

4.2.1.1 Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos

Existem 29 critérios de avaliação com o aspecto de desempenho estrutural, nas seis partes da ND. A Norma descreve que 9 destes critérios são avaliados por análise de projeto, 16 são avaliados por meio de ensaios e 4 podem ser avaliados por análise de projeto ou ensaio.

Quanto aos critérios que possuem níveis de atendimento neste aspecto, são: capacidade de suporte de cargas suspensas em sistemas de vedação e impacto de corpo mole e duro em sistemas estruturais, pisos, vedações e tubulações aparentes.

Dos 29 critérios no aspecto de desempenho estrutural, 7 não se aplicam à obra em estudo. São eles: estado-limite último, apenas para vedações com função estrutural; limite de deslocamento, fissuras e deslocamento, apenas para vedações até 5 pavimentos ou com função estrutural; solicitação de montagem ou manutenção, impacto de corpo mole, impacto de corpo duro, apenas para coberturas acessíveis e ação do granizo e outras cargas acidentais, apenas para estruturas de telhados. Importante ressaltar que os sistemas estruturais prevêm critérios similares e, em geral, maiores aquelas devidas aos sistemas de coberturas.

Portanto, para atendimento do aspecto de desempenho estrutural, 22 critérios devem ser atendidos pela edificação em questão. Após coleta de dados elaborou-se a tabela 13 que apresenta os 22 critérios de avaliação e suas relações com os principais métodos de avaliação, etapas de obra e agentes envolvidos.

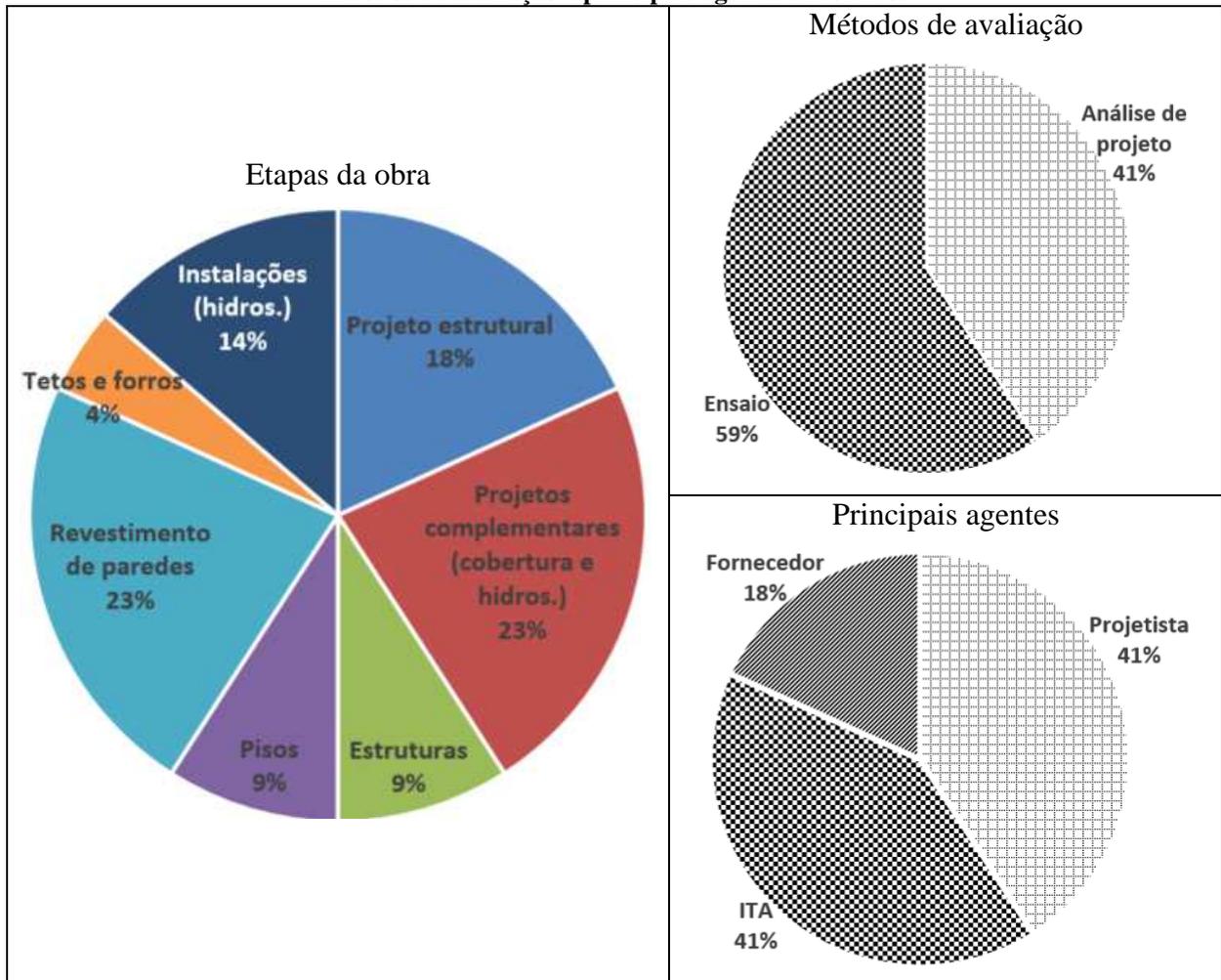
Tabela 13 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de desempenho estrutural e a principal etapa da obra e agente envolvido com que se relaciona

Aspecto: DESEMPENHO ESTRUTURAL				
Parte da ND	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	Método de avaliação	Etapa da obra	Principal agente
2 - Sistemas estruturais	Estado-limite último	Análise de projeto	Projeto estrutural	Projetista
	Estado-limite de serviço			
	Impacto de corpo mole	Ensaio	Estruturas	ITA
	Impacto de corpo duro			
3 - Sistemas de pisos	Estabilidade e resistência estrutural	Análise de projeto	Projeto estrutural	Projetista
	Limitação dos deslocamentos verticais			
	Resistência à impactos de corpo duro	Ensaio	Pisos	ITA
	Cargas verticais concentradas			
4 - Sistemas de vedações verticais	Capacidade de suporte de peças suspensas	Ensaio	Revestimento de paredes	ITA
	Impacto de corpo mole			
	Ações transmitidas por portas			
	Impacto de corpo duro			
	Ações horizontais, verticais e impactos em guarda-corpos e parapeitos			
5 - sistemas de coberturas	Comportamento estático	Análise de projeto	Projeto de cobertura	Projetista
	Solicitações em forros	Ensaio	Tetos e Forros	Fornecedor
6 - Sistemas hidrossanitários	Resistência mecânica - tubulações suspensas		Ensaio	
	Solicitações dinâmicas - sobrepressão máxima			
	Resistência a impactos de tubulações aparentes			
	Resistência mecânica - tubulações enterradas	Análise de projeto	Projeto hidrossanitário	Projetista
	Resistência mecânica - tubulações embutidas			
	Solicitações dinâmicas - pressão estática máxima			
	Solicitações dinâmicas - sobrepressão máxima de parada de bombas de recalque			

No aspecto de desempenho estrutural, observa-se que existem 4 critérios para sistemas estruturais, 4 para sistemas de pisos, 5 para sistemas de vedação, 2 para sistemas de cobertura e 7 para sistemas hidrossanitários.

O gráfico 4 apresenta a proporção entre os critérios e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos. Para facilitar a visualização, agrupou-se os projetos complementares, como projetos de cobertura e hidrossanitários.

Gráfico 4 – Proporção entre os critérios do aspecto de desempenho estrutural e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos



Em relação às etapas de obra, cerca de 41% dos critérios estão relacionados à etapa de projeto, neste caso, projetos estruturais e hidrossanitários. Quanto à execução, existe uma maior quantidade de critérios relacionados com a etapa de revestimento de paredes (23%), instalações hidrossanitárias (14%) e com a execução de estruturas e pisos (9% cada).

Nota-se que os métodos de avaliação voltados às análises de projeto estão relacionados aos projetistas, portanto tem este agente como o principal envolvido. Já os métodos de avaliação envolvidos com ensaios estão ligados a ITA ou ao fornecedor.

4.2.1.2 Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento da ND no nível superior

Para identificar as principais mudanças e desafios encontrados na execução desta edificação, observou-se as relações entre os aspectos e partes da norma que possuem critérios

mais complexos de serem atendidos (tabela 12). Os critérios mais complexos para o atendimento do aspecto de desempenho estrutural envolveram sistemas estruturais, pisos e vedações internas e externas.

Após coleta de dados elaborou-se a tabela 14 que apresenta as principais mudanças ocorridas e agentes envolvidos durante o processo de produção da edificação estudada.

Tabela 14 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de desempenho estrutural

PARTES DA ND		PRINCIPAIS ALTERAÇÕES	PRINCIPAL RESPONSÁVEL
2 - Sistemas estruturais		Ensaio para avaliação da resistência, carga horizontal e vertical em parapeito e corpo mole e duro em parapeitos e outras estruturas. Controle tecnológico total do concreto.	ITA
3 - Sistemas de pisos		Ensaio para avaliação da resistência, como corpo duro e carga concentrada em pisos.	ITA
4 - Sistemas de vedação	Interna	Ensaio para avaliação da capacidade de suporte de peças suspensas, impacto de corpo duro e mole, ações transmitidas por portas. Recomendações no MUOM como o uso de buchas específicas para cargas suspensas.	ITA
	Externa	Ensaio para avaliação da resistência à impacto de corpo duro e mole (mais exigentes) e ações horizontais, verticais e impactos em parapeitos.	ITA

Quanto aos sistemas estruturais, para garantir o atendimento a VUP das fundações foi necessário avaliar as condições de agressividade do solo, que não apresentou contaminação de sulfatos, conforme análises físico-químicas do solo. Também foi necessário realizar levantamentos das características do local e os riscos pertinentes, conforme as diretrizes para implantação e entorno descrita no item 6.2 da NBR 15.575-1 – requisitos gerais. Quanto à supraestrutura foram realizados ensaios de resistência mecânica em parapeitos e outras estruturas conforme descreve a norma. Para o atendimento a VUP de 75 anos dos sistemas estruturais observou-se acompanhamento da ITA na execução da armadura, formas e cimbramento e o controle tecnológico do concreto que era parcial por amostragem em outras obras da incorporadora, passou a ser total nesta obra.

Quanto aos sistemas de pisos foram realizados os ensaios de resistência mecânica descritas na Norma, como corpo duro e carga vertical concentrada. Em relação aos sistemas

de vedação, observou-se a adoção de bloco estrutural cerâmico com 19 cm de largura e 15 Mpa. Em alguns casos, foi utilizado reboco de até 5cm e preenchimento interno com argamassa com grande proporção de areia, para atendimento dos critérios de isolamento acústico, especialmente em paredes de divisa entre áreas privativas, a ser descrito no item 4.2.5. Essa solução pode ter colaborado para o atendimento de critérios de capacidade de suporte de peças suspensas, que só pode ser atingido após o uso de buchas específicas para esta finalidade.

O maior desafio observado neste aspecto foi o controle tecnológico do concreto, que foi realizado para todos os caminhões betoneira e a dificuldade para atender ao critério de carga suspensa, se fazendo necessário mais de um ensaio e o uso de buchas específicas para este fim.

4.2.2 Segurança contra incêndio

4.2.2.1 Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos

Existem 23 critérios relacionados a este aspecto e todos possuem apenas um nível de atendimento, o mínimo. Entretanto 3 critérios não se aplicam a edificação em questão, visto que a mesma não apresenta sistema de cobertura com telhado ou similar.

Portanto, para atendimento do aspecto de segurança contra incêndio, 20 critérios devem ser atendidos pela edificação em questão. A tabela 15 apresenta os 20 critérios de avaliação e suas relações com os principais métodos de avaliação, etapas de obra e agentes envolvidos.

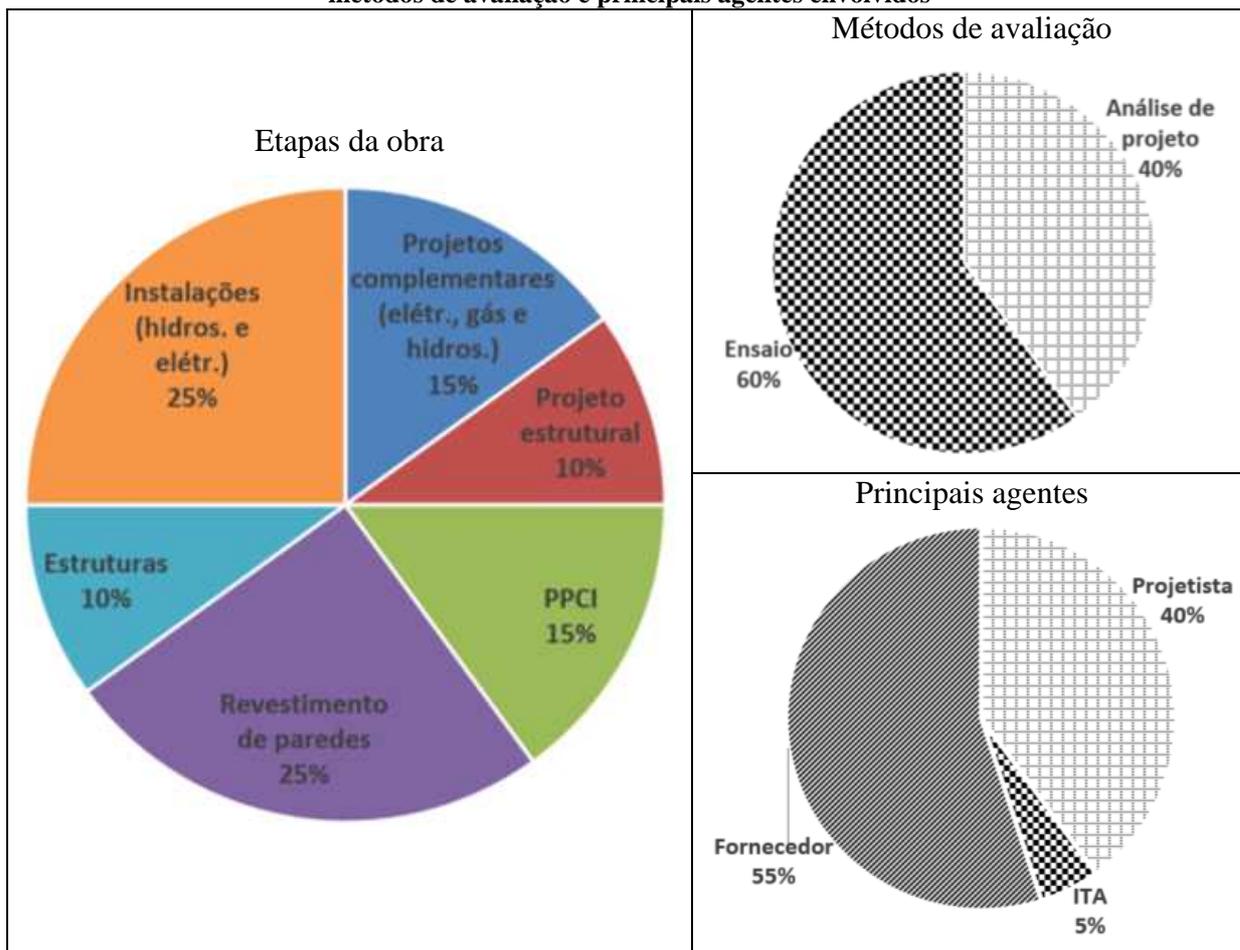
Tabela 15 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de segurança contra incêndio e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona

Aspecto: SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO				
Parte da ND	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	Método de avaliação	Etapa da obra	Principal agente
1 - Requisitos gerais	Dificultar princípio de incêndio	Análise de projeto ou simulações	Projetos elétr. e gás	Projetista
	Segurança estrutural		Projeto estrutural	
	Facilitar fuga		PPCI	
	Dificultar propagação do incêndio			
	Sistema de extinção, sinalização e iluminação de incêndio			
	Dificultar inflamação generalizada		Ensaio	
Prumadas enclausuradas				
3 - Sistemas de pisos	Resistência ao fogo dos elementos - TRRF	Análise de projeto	Projeto estrutural	Projetista
	Avaliação da reação ao fogo da face interior do piso	Ensaio	Estruturas	Fornecedor
	Avaliação da reação ao fogo da face superior do piso			
	Selagem de prumadas elétricas e hidrossanitárias		Instalações hidrossan. / elétricas	
	Selagem em tubulações de materiais polímeros			
	Registros em tubulações de ventilação			
	Prumadas de ventilação permanentes		Revestim de parede	
4 - Sistemas de vedações verticais	Avaliação da reação ao fogo da face interior da parede			
	Dificultar propagação do incêndio (face externa da fachada)			
	Resistência de elementos estruturais			
6 - Sistemas hidrossanitários	Evitar propagação de chamas entre pavtos.	Análise de projeto ou inspeção	Instalações hidrossan.	Fornecedor
	Combate ao incêndio com água (reserva de água)		Projeto hidrossan.	Projetista
	Combate ao incêndio com extintores (tipo e posicionamento)			

Para esta edificação, no aspecto de segurança contra incêndio, observa-se que existem 6 critérios a serem atendidos na NBR 15.575-1 - requisitos gerais, 8 na NBR 15.575-3 - sistemas de pisos, 3 na NBR 15.575-4 - sistemas de vedação e 3 na NBR 15.575-6 - sistemas hidrossanitários. Quanto ao método de avaliação, 12 destes critérios estão relacionados à ensaios e 8 são relacionados a análises de projetos, simulações ou inspeções.

A proporção entre os critérios e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos são apresentados no gráfico 5. Visando facilitar a visualização agrupou-se os projetos complementares (como projetos elétricos, gás e hidrossanitário) e as instalações (como instalações hidrossanitárias e elétricas).

Gráfico 5 – Proporção entre os critérios do aspecto de segurança contra incêndio e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos



Pode-se observar que cerca de 40% dos critérios estão relacionados à etapa de projeto, neste caso projetos complementares, projeto estrutural e o PPCI. Em relação à execução, existe uma maior quantidade de critérios relacionados com a etapa de revestimento de paredes e instalações (25% cada) e com a execução de estruturas (10%).

Em relação aos métodos de avaliação e principais agentes, observa-se que a maior parte dos critérios (60%) são avaliados por meio de ensaios e que estes estão mais relacionados ao fornecedor do que a ITA. Isto ocorre pois estão mais relacionados à elementos e não sistemas construtivos.

4.2.2.2 Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento da ND no nível superior

A tabela 16 apresenta as principais mudanças ocorridas para o atendimento no aspecto de segurança contra incêndio, sendo que os critérios de maior complexidade de atendimento estão relacionados com os requisitos gerais e sistemas de pisos e vedações.

Tabela 16 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de segurança contra incêndio

PARTES DA ND		PRINCIPAIS ALTERAÇÕES	PRINCIPAL RESPONSÁVEL
1 - Requisitos gerais	Projetos complementares	Análises quanto às instalações elétricas, de gás, rotas de fuga, risco de colapso estrutural, sistemas de extinção e sinalização de incêndio e de proteção contra descargas atmosféricas.	Projetistas
3 - Sistemas de pisos		Ensaio de reação ao fogo. Alguns pontos em que havia previsão de lajes nervuradas houve substituição por laje maciça.	ITA
4 - Sistemas de vedação		Ensaio de reação e resistência ao fogo.	ITA

Embora o enfoque desta etapa do trabalho seja a execução, observou-se que a parte relativa aos requisitos gerais exigiu inúmeras análises e detalhamentos pertinentes aos projetos complementares, isto repercutiu na incorporadora que teve de exigir mais dos projetistas e culminou na colaboração da execução destes projetos ou na execução. Quanto aos sistemas de pisos, observou-se que a laje nervurada provavelmente não atingiria ao TRRF requerido, portanto foi substituída pela laje maciça. Houve compartimentação deste sistema de forma a privilegiar áreas que viessem a servir para evacuação das pessoas do edifício. Em relação aos sistemas de vedação, foram realizados ensaios de reação e resistência dos sistemas, principalmente pois nas paredes limítrofes de unidades privativas foi usado recobo com EVA.

O maior desafio para este aspecto foi a realização dos ensaios, visto que estes exigem gasto considerável de material, serviços e insumos. O ensaio de resistência ao fogo exige que seja confeccionada uma parede de 3x3m em laboratório, que esta seja exposta ao fogo por até 4h, após ela é demolida e são analisados os dados. Portanto, é possível inferir que há custo considerável na realização destes ensaios.

4.2.3 Estanqueidade

4.2.3.1 Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos

Existem 17 critérios em relação à estanqueidade e todos possuem apenas um nível de atendimento, o mínimo. Entretanto, 6 critérios não se aplicam à edificação em questão, visto que a mesma não apresenta sistema de cobertura com telhado ou similar.

Portanto, 11 critérios devem ser atendidos em relação ao aspecto de estanqueidade. A tabela 17 apresenta os 11 critérios de avaliação e suas relações com os principais métodos de avaliação, etapas de obra e agentes envolvidos.

Tabela 17 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de estanqueidade e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona

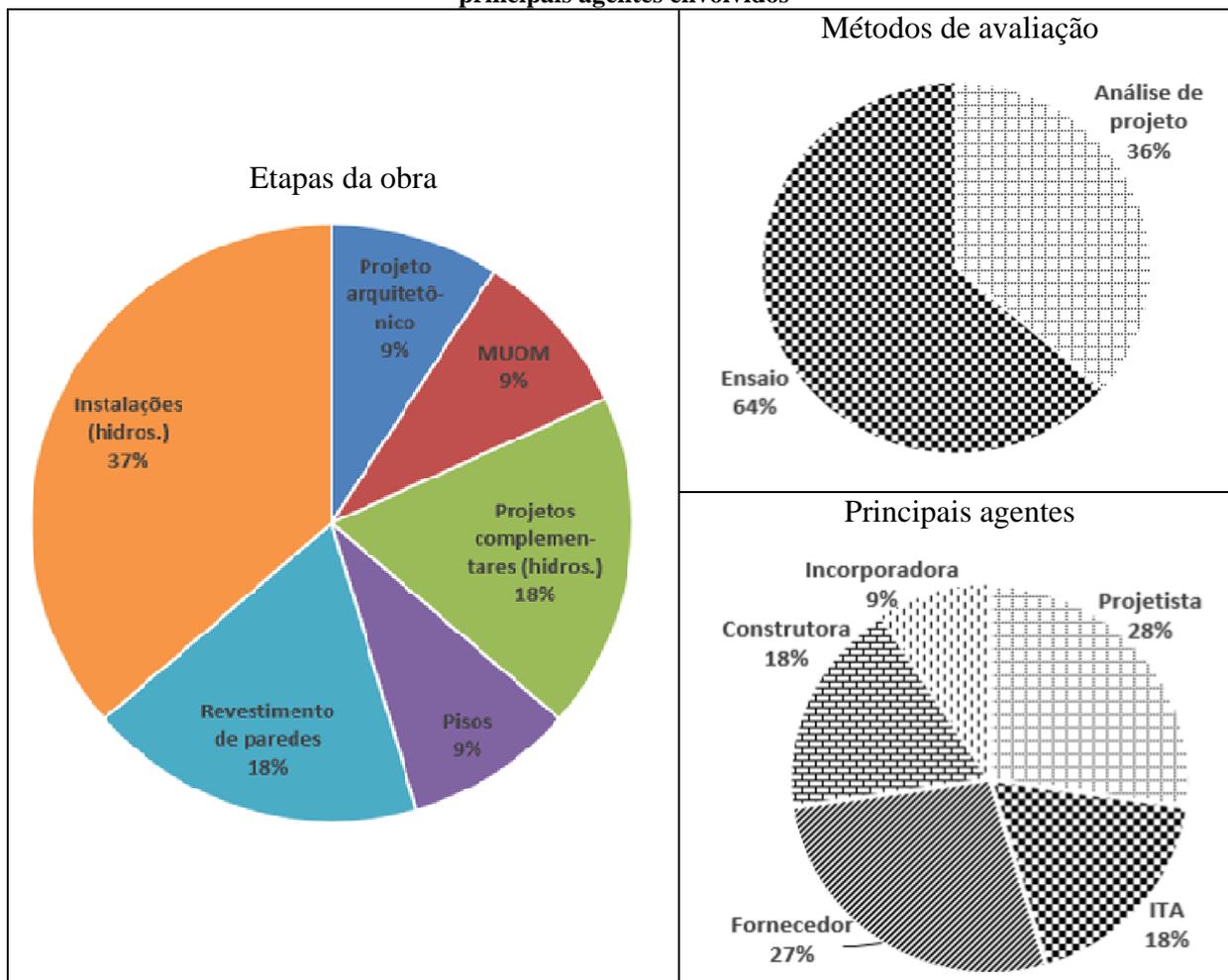
Aspecto: ESTANQUEIDADE				
Parte da ND	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	Método de avaliação	Etapa da obra	Principal agente
3 - Sistemas de pisos	Estanqueidade de pisos em contato com umidade ascendente	Análise proj. ou inspeção	Projeto arquitetôn.	Projetista
	Estanqueidade de pisos em áreas molháveis		MUOM	Incorporad.
	Estanqueidade de pisos em áreas molhadas		Pisos	Construtora
4 - Sistemas de vedações verticais	Infiltração de água em fachadas à água de chuva	Ensaio	Revestim de parede	ITA
	Umidade em vedações devido uso (com incidência de água)			
	Umidade em vedações devido uso (em áreas molháveis)	Análise proj. ou inspeção	Projeto hidross an.	Projetista
6 - Sistemas hidrossanitários	Captação e escoamento de águas pluviais	Ensaio	Instalações hidross an.	Fornecedor
	Estanqueidade em instalações de água			
	Estanqueidade em peças de utilização			
	Estanqueidade em esgoto e águas plúviais			
	Estanqueidade em calhas			Construtora

Observa-se que existem 3 critérios a serem atendidos na NBR 15.575-3 - sistemas de pisos, 3 na NBR 15.575-4 - sistemas de vedação e 5 na NBR 15.575-6 - sistemas hidrossanitários. Quanto ao método de avaliação, 7 destes critérios estão relacionados à ensaios e 4 são relacionados a análises de projetos ou inspeções.

Nota-se que o método de avaliação pode ser por análise de projeto ou por inspeção após a execução. Para este estudo, foi considerado que, através da análise de projeto, seria possível instrumentar a execução a ponto de ser provável atender aos critérios

apresentados, justificando a classificação da tabela 17. Foi considerado também que a avaliação da estanqueidade de pisos e de calhas ocorre como boa prática realizada pelas construtoras após a execução destes serviços. A proporção entre os critérios e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos são apresentados no gráfico 6.

Gráfico 6 – Proporção entre os critérios de estanqueidade e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos



Em relação à etapa de projeto, os projetos complementares, em especial o projeto hidrossanitário, representa cerca de 18% dos critérios de estanqueidade, enquanto que os projetos arquitetônicos e o MUOM representam cerca de 9% dos critérios cada um. Em relação às etapas de execução, existe uma maior quantidade de critérios relacionados com a etapa de: instalações hidrossanitárias com 37%, revestimento de parede com 18% e execução de pisos com 9%. Quanto ao método de avaliação, os ensaios são mais representativos com 64% e, quanto aos principais agentes, os projetistas com 28% e fornecedores com 27% são mais relevantes.

4.2.3.2 Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento da ND no nível superior

As principais mudanças observadas para o atendimento do aspecto de estanqueidade são apresentadas na tabela 18, mudanças tais que se relacionam ao sistema de vedação, considerando paredes internas e externas.

Tabela 18 – Principais mudanças e agentes envolvidos em relação aos critérios de estanqueidade

PARTE DA ND		PRINCIPAIS ALTERAÇÕES	PRINCIPAL RESPONSÁVEL
4 – Sistemas de vedação	Interna	Ensaio de infiltração de umidade em vedações devido o uso (áreas molhadas e molháveis).	ITA
	Externa	Ensaio de infiltração de água de chuva em fachadas, principalmente na junção entre a janela e a parede. Observou-se o uso de janelas com vidro duplo, de melhor vedação e maior cuidado na vedação nas junções.	ITA

A complexidade de atendimento da estanqueidade envolve a realização de ensaios, exigindo cuidado maior na ligação entre a esquadria e o sistema de vedação, resultando em um consumo maior de selante. Para esta edificação foram especificadas esquadrias fabricadas em alumínio anodizado com persianas e vidros duplos.

Deve-se ressaltar que a incorporadora já usava janelas fabricadas sob medida e com vidro duplo em suas construções, que contribui para um melhor desempenho, visto que as janelas fabricadas podem possuir componentes melhores que as janelas pré-fabricadas. Importante ressaltar que a anodização permite maior durabilidade e as persianas e os vidros duplos permitem maior desempenho térmico e acústico.

Para as paredes internas, no memorial descritivo da edificação consta revestimento cerâmico para banheiros e pintura acrílica com detalhes em cerâmica para as cozinhas e áreas de serviço, os ensaios realizados indicam o quanto tais revestimentos permitem a estanqueidade destas áreas.

O maior desafio neste aspecto é a vedação das junções entre a janela e a parede, e evitar a infiltração da umidade em vedações, sendo que este último ensaio falhou mais de uma vez.

4.2.4 Desempenho térmico

4.2.4.1 Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos

Ao todo são 6 critérios de desempenho térmico, sendo que este aspecto da norma possui critérios com mais de um nível de atendimento (mínimo, intermediário e superior). Visto que não existem critérios que não se aplicam à esta edificação, a tabela 19 apresenta os 6 critérios de avaliação e suas relações com os principais métodos de avaliação, etapas de obra e agentes envolvidos.

Tabela 19 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de desempenho térmico e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona

Aspecto: DESEMPENHO TÉRMICO				
Parte da ND	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	Método de avaliação	Etapa da obra	Principal agente
1 - Requisitos gerais	Desempenho no verão (valores máximos de temperatura)	Simulação Computacional	Projeto arquitetônico	ITA
	Desempenho no inverno (valores mínimos de temperatura)			
4 - Sistemas de vedações verticais	Adequação das paredes externas (transmitância térmica - U)			
	Adequação das paredes externas (capacidade térmica - CT)			
	Aberturas para ventilação (A)			
5 - Sist. de coberturas	Isolação térmica da cobertura (transmitância térmica - U)			

Os critérios para sistemas de vedações e coberturas estão inclusos nos critérios de avaliação de desempenho no verão e inverno, pois para este caso foi necessário a simulação computacional de toda a edificação. Para este aspecto não cabe gráfico, pois todos os critérios estão relacionados à simulação computacional como método de avaliação, ao projeto arquitetônico como a principal etapa de obra com que se relacionam e a ITA como principal agente envolvido.

4.2.4.2 Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento da ND no nível superior

A tabela 20 apresenta as principais mudanças ocorridas para atendimento do desempenho térmico, que ocorreram na etapa de projeto referente aos requisitos gerais e na etapa de execução de sistema de vedação de paredes externas.

Tabela 20 – Principais mudanças e responsáveis em relação ao desempenho térmico

PARTE DA ND		PRINCIPAIS ALTERAÇÕES	PRINCIPAL RESPONSÁVEL
1 – Requisitos gerais	Projeto	Simulação computacional da edificação.	ITA
4 – Sistemas de vedação	Externa	Uso de cores mais escuras ou tintas especiais. Esquadrias com vidro duplo e persianas.	ITA

Observou-se que a simulação computacional do desempenho térmico da edificação apontou quais pontos da edificação apresentaram melhor desempenho e quais poderiam não passar. Esta ferramenta pode servir para validar quais soluções são adequadas à edificação, como é o caso de decisões geralmente tomadas por arquitetos e projetistas, a exemplo das esquadrias e acabamento das fachadas.

A simulação indicou que os últimos pavimentos (principalmente os *Lofts*) seriam mais difíceis de atender ao desempenho no inverno, sendo necessário o uso de tintas com cores mais escuras ou especiais, no sentido de permitir maior absorção à radiação solar. Quanto às esquadrias, o vidro duplo possibilitou um aumento na resistência térmica e auxiliou o atendimento ao desempenho no inverno, já a persiana permitiu o bloqueio da radiação solar, que está mais voltado ao atendimento do desempenho no verão.

Considera-se que o maior desafio deste aspecto está na simulação computacional, visto que além da elaboração do modelo do edifício, é necessário incluir diversos parâmetros para a realização do mesmo.

4.2.5 Desempenho acústico

4.2.5.1 Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos

Existem 10 critérios relacionados a este aspecto e todos são avaliados por meio de ensaios. Embora seja possível que os critérios possam ser avaliados pela especificação em projeto de sistemas que contenham ensaios que comprovem o atendimento, observou-se a carência destas informações neste caso. Considerou-se que 3 destes critérios não se aplicam, pois remetem a outros critérios. As relações dos 7 critérios de desempenho acústico são descritas na tabela 21. Ressalta-se que este aspecto da norma possui critérios com mais de um nível de atendimento.

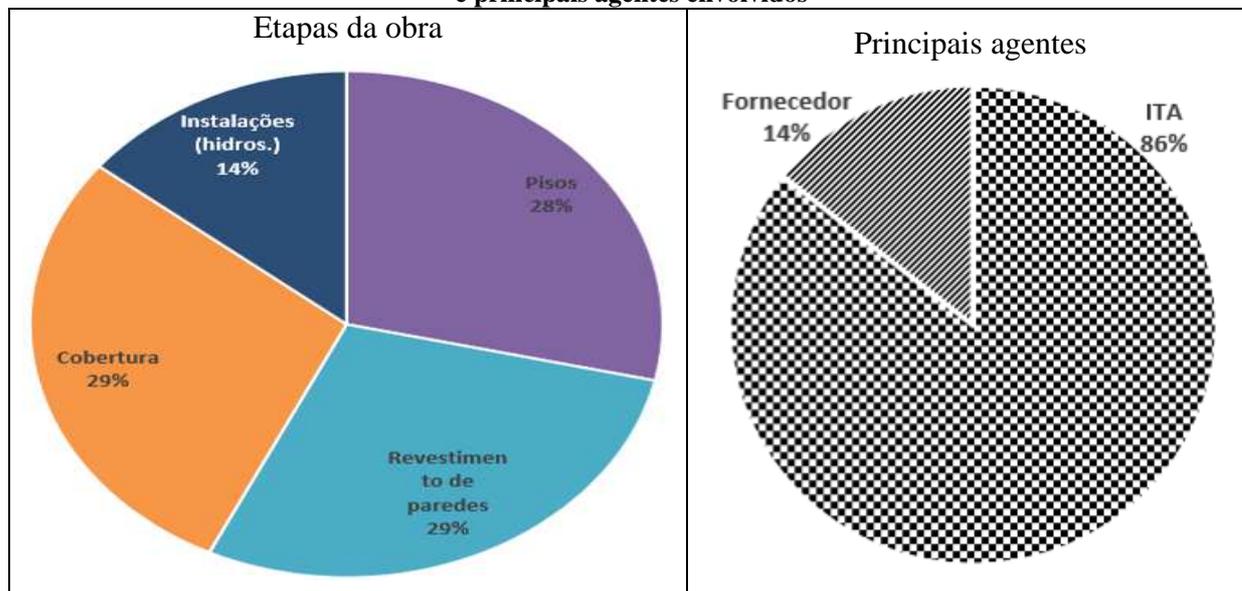
Tabela 21 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de desempenho acústico e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona

Aspecto: DESEMPENHO ACÚSTICO				
Parte da ND	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	Método de avaliação	Etapa da obra	Principal agente
3- Sistemas de pisos	Nível de ruído permitido (impacto em pisos)	Ensaio	Pisos	ITA
	Nível de ruído permitido (aéreo entre unidades habitacionais)			
4- Sistemas de vedaç.	Nível de ruído permitido (vedação externa)		Revestim. de parede	
	Nível de ruído permitido (entre ambientes)			
5- Sistemas de cobert.	Nível de ruído permitido (aéreo entre unidades habitacionais)		Cobertura	
	Nível de ruído de impacto em coberturas acessíveis			
6- Sist. hidr.	Nível de ruído de equipamentos prediais hidrossanitários	Aparelhos hidrossan.	Fornecedor	

Observa-se na tabela 21 que são necessários ensaios para avaliar o atendimento aos critérios da norma no aspecto de desempenho acústico, e que a maioria deles está relacionado a ITA como principal agente. Tal fato se justifica, pois, os sistemas de pisos, vedações e coberturas possuem uma combinação de elementos, em geral de preferência da construtora ou incorporadora, que aciona a ITA para avaliar estes sistemas. Já para elementos da edificação, cabe aos fornecedores fazer ensaios para esta análise, como é o caso de

equipamentos prediais. É apresentado no gráfico 7 as proporções das etapas da obra e principais agentes em relação a este aspecto.

Gráfico 7 – Proporção entre os critérios de desempenho acústico e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos



Em relação às etapas da obra, os mais relevantes são as etapas referentes à execução de pisos, revestimento de paredes e coberturas, que possuem cerca de 28,6% cada, já as instalações hidrossanitárias possuem cerca de 14,3%. Em relação aos principais agentes, 86% dos critérios relacionam-se com a ITA e 14% se relacionam ao fornecedor.

4.2.5.2 Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento da ND no nível superior

O aspecto de desempenho acústico possui critérios mais relevantes relacionados aos sistemas de pisos e de vedações (tabela 22).

Tabela 22 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de desempenho acústico

PARTE DA ND		PRINCIPAIS ALTERAÇÕES	PRINCIPAL RESPONSÁVEL
3 - Sistemas de pisos	Limítrofes com dormitório ou áreas de uso coletivo	Laje maciça com manta acústica e contrapiso.	ITA
	Outras áreas limítrofes com áreas privativas	Laje maciça com manta acústica e contrapiso.	ITA
4 - Sistemas de vedação	Limítrofes com dormitório ou áreas de uso coletivo	Bloco estrutural de 19cm de espessura preenchido com argamassa com grande proporção de areia e reboco com EVA de até 5cm de espessura. Uso de manta acústica em forros de gesso.	ITA
	Outras áreas limítrofes	Bloco estrutural de 19cm de espessura e recobo com EVA de até 5cm. Esquadrias com vidro duplo e persianas.	ITA

Este aspecto motivou as maiores mudanças na edificação. Nota-se nos sistemas de pisos o uso de lajes maciças com até 12cm de espessura (ao invés de lajes pré-moldadas ou lajes protendidas), e uso de mantas acústicas e contrapiso de até 8cm de espessura. Já nos sistemas de vedação, nota-se o uso de blocos estruturais de 19cm de espessura, em alguns casos preenchidos com argamassa com grande proporção de areia, com reboco com EVA de até 5cm, uso de manta acústica nos forros de gesso e esquadrias com vidro duplo e persianas.

Em ambos os casos (pisos e vedações verticais) observa-se o aumento das seções destes sistemas, sendo nos sistemas de pisos de até 22cm e nos sistemas de vedação vertical de até 27cm. Tal fato se justifica, pois, um dos fatores que mais influenciam o aumento do isolamento acústico é a massa. Entretanto, tal solução implica em maior carga à qual a edificação deverá suportar e na redução da área útil dos ambientes. Além desta análise, é importante ressaltar que surgiram novos elementos (como as mantas acústicas nos pisos e forro de gesso), novos serviços e métodos construtivos.

Os desafios relacionados a este aspecto estão principalmente relacionados à inclusão de novos elementos e à execução de novos procedimentos de trabalho relacionados à eles. Deve-se considerar que pode haver certo impacto financeiro e impacto no cronograma da obra ao adotar estas soluções.

4.2.6 Durabilidade e manutenibilidade

4.2.6.1 Critérios de desempenho, método de avaliação e principais etapas da obra e agentes envolvidos

Existem 19 critérios em relação à estanqueidade, sendo que este aspecto da norma possui critérios com mais de um nível de atendimento. Entretanto 2 critérios não se aplicam a este edifício em questão, visto que um deles remete a outros critérios e outro se refere às telhas, elemento que não é utilizado nesta edificação.

Portanto, 17 critérios devem ser atendidos pela obra em questão. Os critérios, métodos de avaliação, principais etapas da obra e principais agentes ao qual se relacionam constam na tabela 23.

Tabela 23 – Critérios e métodos de avaliação do aspecto de durabilidade e manutenibilidade e a principal etapa de obra e agente envolvido com que se relaciona

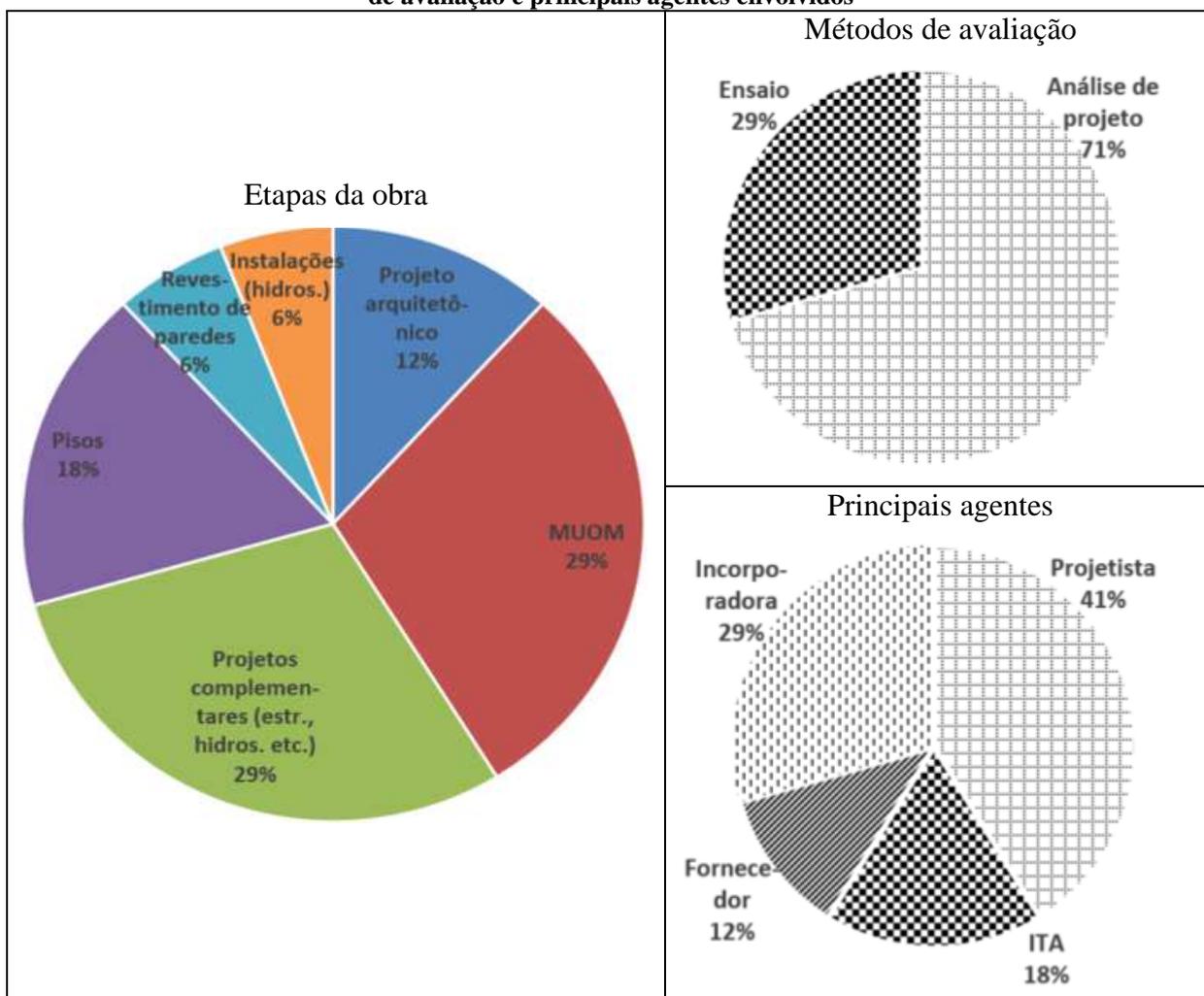
Aspecto: DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE				
Parte da ND	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	Método de avaliação	Etapa da obra	Principal agente
1 - Requisitos gerais	Vida útil de projetos e sistemas (VUP)	Análise proj. ou inspeção	Projetos (todos)	Projetista
	Manutenibilidade (MUOM)	MUOM	MUOM	Incorporadora
2 - Sistemas estruturais	Manutenção de sistemas estruturais (MUOM)			
	Durabilidade de sistemas estruturais (VUP)	Análise proj. ou ensaios	Projeto estrutural	Projetista
3 - Sistemas de pisos	Resistência à umidade em áreas molháveis e molhadas	Ensaio	Pisos	ITA
	Resistência ao ataque químico em pisos			Fornecedor
	Resistência ao desgaste de uso (abrasão)			
4 - Sistemas de vedações verticais	Paredes externas (ação de calor e choque térmico)		Revestim. de parede	ITA
	VUP do sistema de vedação interna e externa	Análise de projeto	Projeto arquitetônico	Projetista
	Manutenibilidade de sistemas de vedação	MUOM	MUOM	Incorporadora
5 - Sist. de cobertura	Manutenibilidade do sistema de cobertura	Análise de projeto	Projeto arquitetônico	
	VUP do sistema de cobertura			
6 - Sistemas hidrossanitários	VUP do sistema de instalações hidrossanitárias	Análise de projeto ou inspeção	Projeto hidrossanitário	Projetista
	VUP do sistema de instalações hidrossanitárias (projeto e execução)			
	Manutenibilidade (tubulações de esgoto e águas pluviais)			
	VUP do sistema de instalações hidrossanitárias (durabilidade)	Ensaio	Instalações hidrossan.	Fornecedor
	Manutenibilidade (MUOM)	MUOM	MUOM	Incorporad.

Observa-se que existem 2 critérios referente aos requisitos gerais, 2 para os sistemas estruturais, 3 para os sistemas de pisos, 3 para os sistemas de vedação, 2 para os sistemas de cobertura e 5 para os sistemas hidrossanitários. Quanto ao método de avaliação, 5 destes critérios estão relacionados à ensaios, 5 ao MUOM e 7 a análises de projetos ou inspeções.

Observa-se que os critérios ligados à durabilidade devem atender a VUP, portanto podem ser avaliados por análise de projeto e inspeção. Em alguns casos são necessários ensaios para avaliar a resistência de elementos ou sistemas. Entretanto, em relação à manutenibilidade há uma grande ligação com a confecção do MUOM desenvolvido pela incorporadora.

O gráfico 8 apresenta as proporções das etapas da obra, método de avaliação e principais agentes em relação a este aspecto. Os critérios que possuem método de avaliação como MUOM foram inclusos na análise de projeto, pois se assemelham mais a este método.

Gráfico 8 – Proporção entre os critérios de durabilidade e manutenibilidade e as etapas da obra, métodos de avaliação e principais agentes envolvidos



Em relação as etapas de projetos, o MUOM e os projetos complementares (principalmente o projeto estrutural e o hidrossanitários) representam cerca de 29% dos critérios cada um e os projetos arquitetônicos cerca de 12% dos critérios. Em relação as etapas de execução, existe uma maior quantidade de critérios relacionados com a etapa de: execução de pisos (18%), revestimento de parede (6%) e instalações hidrossanitárias (6%).

Quanto ao método de avaliação, grande parte dos critérios está relacionada com a análise de projeto (71%). Em relação aos principais agentes, os mais representativos são os projetistas (41%), incorporadora (29%), ITA (18%) e fornecedores (12%).

4.2.6.2 Principais mudanças ocorridas na obra para atendimento da ND no nível superior

A tabela 24 apresenta as principais mudanças ocorridas em relação aos critérios mais relevantes para o aspecto de durabilidade e manutenibilidade, sendo que estes critérios possuem maiores relações com os requisitos gerais e sistemas estruturais, pisos e vedações.

Tabela 24 – Principais mudanças e responsáveis em relação aos critérios de durabilidade e manutenibilidade

PARTE DA ND		PRINCIPAIS ALTERAÇÕES	PRINCIPAL RESPONSÁVEL
1 – Requisitos Gerais	Projetos	Detalhamentos e especificações para atingir a VUP estipulada pela norma.	Incorporadora
	MUOM	Descrição do uso correto, informações sobre as manutenções preventivas e corretivas de todas as partes e elementos da edificação.	Incorporadora
2 - Sistemas estruturais		Aumento na classe do concreto e cobrimento da armadura.	Construtora
3 1 Sistemas de pisos	Áreas secas	Ensaio de resistência ao desgaste ao uso (abrasão).	Fornecedor
	3 Áreas molhadas ou molháveis	Ensaio de resistência à abrasão, à umidade e ao ataque químico.	ITA
4 – Sistemas de vedação	Externa	Ensaio com ação de calor e choque térmico.	ITA

Observou-se grande envolvimento da incorporadora para detalhar e especificar sistemas que pudessem atingir a VUP estipulada pela norma, tal como envolvimento para desenvolver o MUOM da edificação, afim de orientar o uso correto dos equipamentos e sistemas da edificação e quanto as manutenções necessárias. Quanto aos sistemas estruturais, houve um aumento na classe do concreto e na espessura do cobrimento da armadura, ambos em função de atender aos 75 anos de vida útil prevista para a edificação.

Em relação aos sistemas de pisos, adotou-se cerâmicas com maior resistência à abrasão, principalmente em áreas de uso coletivo, já para as áreas molhadas ou molháveis, foi necessário a verificação da umidade e ao ataque químico. Quanto ao sistema de vedação, houve o ensaio com ação do calor e choque térmico, afim de avaliar se este sistema atingiria a VUP.

Constata-se como o maior desafio deste aspecto a busca de como atender ao VUP da estrutura para 75 anos, pois as normas nacionais não possuem parâmetros para tal. Entretanto, após procurar em normas internacionais, foi evidenciado que havia uma relação da durabilidade com o cobrimento e a classe do concreto para estruturas em concreto armado.

5 CONCLUSÃO

Atualmente o desempenho das edificações tem sido um tema amplamente discutido, o que pode ser observado em normas e trabalhos acadêmicos nacionais e internacionais. Iniciativas como a da norma de desempenho (ND) tem sido importante para definir parâmetros de desempenho para as edificações e métodos de avaliação, no entanto a implantação destes ainda pode ser incipiente nas edificações brasileiras, principalmente quanto ao atendimento ao nível superior desta norma.

Portanto elaborou-se uma pesquisa, dividida em duas etapas, com o intuito de identificar as principais mudanças e desafios na implantação do nível superior da norma de desempenho em uma edificação habitacional em Novo Hamburgo/RS.

Na primeira etapa, análise quali-quantitativa da ND, foi possível identificar como os 155 critérios estão distribuídos quanto aos aspectos e partes da Norma, facilitando a visualização de quais relações possuem mais critérios a serem atendidos. Também foi possível identificar que apenas 26 critérios ou 16,8% do total, possuem mais de um nível de atendimento, como mínimo, intermediário e superior, e quais são estes critérios, sendo que para os demais só existe o nível mínimo de atendimento.

Por fim, através de uma análise qualitativa, classificou-se as relações entre aspectos e partes da norma com critérios mais difíceis de serem atendidos, à saber: a parte da Norma sobre requisitos gerais com aspectos de segurança contra incêndio, desempenho térmico e durabilidade e manutenibilidade; a parte da ND sobre sistemas estruturais com aspectos de desempenho estrutural e durabilidade e manutenibilidade; a parte da ND relativa aos sistemas de pisos com os aspectos de desempenho estrutural, segurança contra incêndio, desempenho acústico e durabilidade e manutenibilidade e a parte sobre sistemas de vedação com os aspectos de desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico, acústico e durabilidade e manutenibilidade.

A segunda etapa, análise das principais mudanças e desafios observados na implantação do nível superior da ND, foi desenvolvida em duas atividades, organizadas em função dos 6 aspectos da ND considerados mais complexos de atendimento, à saber: desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico e durabilidade e manutenibilidade. Foram analisados 101 critérios ou 65,1% do total da ND. Visto que 18 critérios não se aplicam a edificação, com os demais

desenvolveu-se tabelas e gráficos que relacionam os critérios e métodos de avaliação da ND com as principais etapas da obra e agentes com que se relacionam. Assim foi possível evidenciar a relação da Norma com a execução da edificação, inclusive quais agentes e etapas de obra são mais relevantes para a implantação da Norma.

Considerando este total de 83 critérios a serem atendidos, em relação ao principal agente com que se relacionam, destacam-se: os projetistas com 27 critérios (33%), a ITA com 27 critérios (33%) e os fornecedores com 21 critérios (25%). E em relação à etapa de obra ao qual estão relacionados, destacam-se: projetos complementares (como projetos elétricos, gás, hidrossanitários e outros) com 15 critérios (18%), execução do revestimento das paredes com 15 critérios (18%), execução das instalações (elétricas, hidrossanitárias etc.) com 12 critérios (15%), projeto arquitetônico com 10 critérios (12%) e execução de pisos com 10 critérios (12%). Em menor escala, as incorporadoras são responsáveis por cerca de 7% dos critérios e as construtoras por 2% dos critérios analisados e em relação as etapas de obra são 7 critérios (9%) ligados ao projeto estrutural, 6 critérios (7%) relacionados ao MUOM, 4 critérios (5%) ligados à execução de estruturas, 2 critérios (2%) para à execução de tetos e forros e 2 critérios (2%) para à execução de coberturas.

A segunda atividade da segunda etapa concentrou-se nas relações entre partes e aspectos da norma que são mais difíceis de serem atendidos, conforme análise qualitativa da primeira etapa. No aspecto de desempenho estrutural identificou-se a realização de ensaios de resistência, carga horizontal e vertical em parapeitos, impacto de corpo mole e duro, capacidade de suporte de peças suspensas, ações transmitidas por portas entre outros. E como maior desafio a mudança do controle tecnológico do concreto, de parcial por amostragem, para total.

No aspecto de segurança contra incêndio identificou-se a realização de ensaios de reação e resistência ao fogo, algumas mudanças como a laje que mudou de nervurada para maciça para atender ao TRRF requerido a edificação. Considerou-se o maior desafio a realização destes ensaios.

No aspecto de estanqueidade identificou-se a realização de ensaios de infiltração de umidade em vedações em áreas molhadas e molháveis e ensaio de infiltração de água de chuva em fachadas, principalmente entre janela e parede. O maior desafio foi a vedação das junções entre a janela e parede.

No aspecto de desempenho térmico identificou-se que foi necessário a simulação computacional da edificação, o que a elaboração do modelo tridimensional do edifício e a inclusão de inúmeros parâmetros e o uso de esquadrias com vidro duplo e persianas. O maior desafio foi a simulação computacional do desempenho térmico da edificação.

O aspecto de desempenho acústico foi o que mais apresentou mudanças, notou-se o aumento das seções destes sistemas, sendo nos sistemas de pisos de até 22cm e nos sistemas de vedação vertical de até 27cm, foram utilizadas laje maciça com manta acústica e contrapiso e bloco estrutural de até 19cm, em alguns casos preenchido com argamassa de areia e reboco com EVA de até 5cm e o uso de manta acústica em forros de gesso. Também foram necessários ensaios para avaliar o desempenho acústico dos sistemas. Os principais desafios estão relacionados a inclusão de novos elementos e a execução de novos procedimentos de trabalho relacionados a eles.

Quanto ao aspecto de durabilidade e manutenibilidade notou-se a necessidade de detalhamentos e especificações para atingir ao VUP da Norma, elaboração de MUOM, aumento da classe do concreto e cobrimento da armadura dos sistemas estruturais e ensaios de resistência. O maior desafio foi a busca de como atender ao VUP dos sistemas, principalmente da estrutura para 75 anos, visto que não existem normas nacionais para este caso.

Além dos desafios descritos, foi relatado, inúmeras vezes pela incorporadora e pela ITA que faltam informações dos materiais e elementos por parte dos fornecedores. O mesmo aconteceu para os sistemas, portanto tornou-se necessário a execução de ensaios para tal. Em contrapartida, os ensaios demandaram materiais, insumos, tempo e profissionais para sua execução e análise dos resultados.

Assim como a necessidade da realização de ensaios, a inclusão de novos elementos e a adoção de sistemas melhores também podem representar, a curto prazo, um impacto negativo em relação ao tempo e ao custo da edificação, porém a longo prazo resultará em um impacto positivo, principalmente por possuírem sistemas com maior durabilidade, eficiência energética, devido ao melhor desempenho térmico e estanqueidade, a infiltração de água pode potencializar ações deletérias. Também pode representar maior conforto aos ocupantes, como é o caso do desempenho acústico, e mais segurança, principalmente em relação à segurança contra incêndio.

Notou-se ainda que os critérios relativos aos projetistas englobaram cálculos, considerações, detalhamentos e especificações de materiais, sistemas e soluções que atendam aos critérios da norma. Entretanto, este trabalho dependeu de informações, como é o caso da especificação de materiais, que depende da caracterização do fornecedor através de ensaios normativos e relatórios que comprovem suas características. Importante salientar a relevância do acompanhamento da obra afim de garantir a execução correta do projeto.

Os critérios de responsabilidade da ITA foram relacionados aos sistemas construtivos, estruturas executadas in-loco e ensaios relacionados à ND, no entanto, na ausência de informações necessárias dos fornecedores, foi necessário assumir o papel de principal agente, executando os ensaios necessários. Já aos fornecedores coube caracterizar seus materiais através de ensaios de acordo com as normas prescritivas já existentes, assim como orientar o melhor uso de seus materiais, instrumentando também o papel do projetista.

Neste caso a incorporadora responsabilizou-se em garantir o atendimento dos projetos, compartilhando a responsabilidade com os projetistas. Além disso, a ITA assumiu a responsabilidade de garantir o atendimento dos materiais e sistemas, compartilhando a responsabilidades com os fornecedores. A responsabilidade da construtora foi compartilhada entre a incorporadora e a ITA.

Para trabalhos futuros sugere-se:

- analisar o desempenho da edificação ao longo da fase de uso
- investigar os impactos no consumo de recursos, como água e energia, durante o uso da edificação
- analisar a implantação da ND quanto aos demais aspectos de desempenho
- investigar a aceitação do usuário e sua percepção quanto ao desempenho da edificação
- investigar o atendimento das responsabilidades dos usuários quanto ao correto uso e manutenção da edificação e seu impacto na VUP
- estudar ferramentas e soluções que auxiliem o atendimento da ND

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. B. C. G. **Incêndio em edificações: a questão do escape em prédios altos em Brasília (DF)**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-2: Desempenho térmico de edificações Parte 2**: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3**: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-1: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1**: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-2: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2**: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-3: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 3**: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-4: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4**: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-5: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5:** Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-6: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 6:** Requisitos para sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA. **Edifício em Salvador tem projeto de acústica baseado no nível superior da NBR 15.575.** ProAcústica, jun. 2013. Disponível em: < <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/cases-sobre-acustica/edificio-em-salvador-tem-projeto-de-acustica-baseado-na-nbr-15575.html>>. Acesso em: jan. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA. **Norma de desempenho para edifícios habitacionais é um grande avanço em relação à acústica no Brasil.** ProAcústica, set. 2014. Disponível em: < <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/artigos-sobre-acustica-e-temas-relacionados/norma-desempenho-para-edificios-habitacionais-grande-avanco-acustica-brasil.html>>. Acesso em: jan. 2016.

BENTO, A.; NEVES, D.; PIRES, J.; OLIVEIRA, M.; SILVA, D. A influência da NBR 15575 (2013) na durabilidade e vida útil das edificações residenciais. In: **I SEMIPAR - Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural**, 1, ago. 2016. Recife.

BLACHERE, G. **Saber Construir – Habitabilidad, Durabilidad, Economía de los Edificios.** Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1967.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F. Especificação frente à durabilidade para atender nível superior de desempenho em elementos estruturais enterrados. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, v. 9, n. 2, p. 286-296, abr. 2016.

BOLINA, F. L.; PRAGER, G. L.; RODRIGUES, E.; TUTIKIAN, B. F. Avaliação da resistência ao fogo de paredes maciças de concreto armado. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 291-305, out./dez. 2015.

BRITO, A. C. **Contribuição da inércia térmica na eficiência energética de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo**. 2015. 241 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais – guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Brasília, 2013. 162 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Dúvidas sobre a norma de desempenho – especialistas respondem**. Brasília, 2015. 156 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia nacional para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção das edificações**. Brasília, 2014. 185 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Programa olho na qualidade: Caixa padronizará mensagem de contato com o cliente**. Brasília, ago. 2014. Disponível em: < <http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/programa-olho-na-qualidade-caixa-padronizara-mensagem-de-contato-com-o-clie>>. Acesso em: ago. 2015.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Benefícios para aplicação do selo casa azul**. Rio de Janeiro, 2013. 67 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Norma de desempenho da construção trouxe mais qualidade para habitações.** São Paulo, nov. 2014. Disponível em: <<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=1602>>. Acesso em: jun. 2015.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. **100 Empresas atendidas e capacitadas na Norma de Desempenho.** set. 2014. Disponível em: <<http://www.cte.com.br/projetos/100-empresas-atendidas-e-capacitadas-na-norma/>>. Acesso em: ago. 2015.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014.

CHVATAL, K. M. S.; MARQUES, T. H. T. Avaliação de diferentes alternativas de modelagem de habitações de interesse social no programa de simulação de desempenho térmico Energyplus. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 67-79, 2016.

COSTA, M. L.; ALMEIDA, M.; CUNHA, R. D. A.; CESAR, S. F. Estudo comparativo entre as normas ISO 21931:2010, NBR 15575 e os requisitos das Certificações AQUA e LEED. In: **Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, 1, 2015. Guimarães, Portugal.

FERREIRA, C. C. **Análise de sensibilidade por meio de experimento fatorial de parâmetros de desempenho térmico de envoltórias de edificações residenciais: contribuição à revisão das normas brasileiras.** 2016. 435 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.

FERREIRA, C. C.; PEREIRA, I. M. Avaliação do desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15575, para as diversas zonas bioclimáticas. In: **XIV**

ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14, out.2012. Juiz de Fora.

FILHO, V. M. S. **Análise de desempenho térmico e acústico de fachadas ventiladas de porcelanato à luz da norma de desempenho. Estudo de caso em Brasília-DF**. 2015. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2015.

FOLIENTE, G. C. Developments in performance-based building codes and standards. **Revista dos Produtos Florestais**, n. 50, p.12-21, jul./ago. 2000.

GIRIBOLA, M. Especialista em avaliação de desempenho. **Revista Técnica**, n. 200, p.16-19, nov. 2013.

GONÇALVES, F. B.; CATAI, R. E.; FERNANDES, L. H.; MATOSKI, A. Avaliação dos garçons à exposição da pressão sonora em ambientes fechados com música ao vivo. In: **XXXI Encontro nacional de engenharia de produção**, 31, out. 2011. Belo Horizonte.

HAMEL, J.; DUFOUR, S.; FORTIN, D. **Case study methods**. Newbury Park, CA: Sage, 1993. 77p.

KARTER, M. J. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Fire Loss in the United States During 2013**. Set. 2014. Disponível em: <<http://www.nfpa.org/newsandpublications/nfpa-journal/2014/september-october-2014/features/2013-fire-loss>>. Acesso em: jul. 2015.

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. O Processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013). **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1-13, jan./jun. 2014.

MAHL, R. E.; ANDRADE, J. J. O. Aplicabilidade da norma nbr 15.575/2008 edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho: estudo de caso e análise crítica. In: **XIII ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, out. 2010. Canela RS.

MATOS, M. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural**. 2007. 97 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MATTOS, T. L. **Análise do desempenho térmico de habitações populares da microrregião de Guaratinguetá - SP**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2015.

MORAES, P.; SOUZA, C. R. O impacto ambiental de uma edificação. **Revista Organização Sistêmica**, v. 7, n. 4, p.173-187, jan/dez. 2015.

MOURA, R. S. L. M. **Catálogo de inovações tecnológicas na construção civil**. 2015. 212 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

NAKAMURA, J. Minha casa na mira. **Revista Construção Mercado**, n. 132, jul. 2012.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003.

NETO, M. F. F., BERTOLI, S. R. Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 169-180, out./dez. 2010.

NETO, M. F. F. **Nível de conforto acústico: uma proposta para edifícios residenciais**. Campinas, 2009. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

OKAMOTO, P. S. **Os impactos da norma brasileira de desempenho sobre o processo de projeto de edificações residenciais**. 2015. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, R. A.; CARNEIRO, A. M. P.; SILVA, G. A.; SILVA, C. M. E.; PEREIRA, R. E. L. Estudo do comportamento de sistemas produtivos inovadores de concreto armado submetido à situação de incêndio. **Revista Eletrônica de Ciências**, a. 12, v. 9, n.1, p. 75-91, 2016.

ONO, R. Parâmetros de garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n.1, p. 97-113, jan./mar. 2007.

PAIXÃO, D. X. **Caracterização do Isolamento Acústico de Uma Parede de Alvenaria Utilizando Análise Estatística de Energia (SEA)**. 2002. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PINTO, R. B. **Determinação Experimental e Numérica da Redução Sonora Aérea em Paredes de Alvenaria Utilizadas em Habitações**. 2011. 97 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2011.

POLI, C. M. B.; ZORZI, L. M. Desempenho lumínico segundo NBR 15575-1:2008, NBR 15575-1:2013, Danish Building Regulations 2010 e European Standard prEN 15251. **Diálogos & Saberes**, Mandaguari, v. 10, n. 1, p.95-113, 2014.

PORTAL ITAMBÉ. **Norma de desempenho: corra para se adequar a ela**. Massa Cinzenta, mar. 2013. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/norma-de-desempenho-corra-para-se-adequar-a-ela/>>. Acesso em: jan. 2016.

PORTAL ITAMBÉ. **RS ergue 1ª obra com nível superior da NBR 15575**. Massa Cinzenta, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/obra-nivel-superior-nbr-15575/>>. Acesso em: out. 2015.

REIS, D.; FABRÍCIO, M.; MELCHIORI, L.; SOUZA, J. Proposta de sistematização dos requisitos de sustentabilidade para auxiliar o desenvolvimento de projetos de edifícios. In: **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, 1, nov. 2015. Recife.

RIBEIRO, R. S. **Avaliação do desempenho acústico de um sistema de construção modular: estudo de caso**. 2015. 267 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

ROSSETTO, C. R. As estratégias de influência dos stakeholders nas organizações da indústria da construção civil: setor de edificações em Balneário Camburiú – SC. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 21-35, jul./out. 2008.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado dos Negócios de Segurança Pública. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **Instrução Técnica n. 8**: resistência ao fogo dos elementos de construção. São Paulo, 2011.

SENAI TRÊS RIOS. **Fundamentos Técnicos do Programa Setorial da Qualidade dos Blocos Cerâmicos**. Rio de Janeiro, jul. 2015. Disponível em: < http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_simac_psq2.php?id_psq=72>. Acesso em: ago. 2015.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS. **Manual para contratação de projetos para o desempenho de edificações habitacionais**. Belo Horizonte, 2016. 260 p.

SILVA, A. T.; KERN, A. P.; PICCOLI, R.; GONZÁLEZ, M. A. S. Novas exigências decorrentes de programas de certificação ambiental de prédios e normas de desempenho. **Arquitetura Revista**, v. 10, n. 2, jul./dez. 2014.

SILVA, F.; FONSECA, J.; SILVA, G.; SILVA, D.; SILVA, D.; MONTEIRO, E. Observações sobre a durabilidade e vida útil de edifícios residenciais. In: **I SEMIPAR - Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural**, ago. 2016. Recife.

SILVA, M. A. C. **Cadeia produtiva – o dilema da verdadeira qualificação de fornecedores**. PINI WEB, 29 nov. 2001. Disponível em: < <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/artigo--cadeia-produtiva---o-dilema-da-verdadeira-qualificacao-81991-1.aspx>>. Acesso em: out. 2015.

SILVA, M. A. C. Equação custo-desempenho. **Revista Construção Mercado**, v. 42, jan. 2005.

SILVA, M. A. C.; JOBIM, M. S. S. Comportamento em uso do sistema de paredes drywall. **Revista Construção Mercado**, v. 40, nov. 2004.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

SZIGETI, F., DAVIS, G. Performance based building: conceptual framework.

Revista Performance based building thematic network 2001-2005, EC n. 5, out. 2005.

TASCHETTO, B. Dois bombeiros são condenados em julgamento da tragédia da boate Kiss. **Jornal da Globo**, Santa Maria, 04/06/2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/06/dois-bombeiros-sao-condenados-em-julgamento-da-tragedia-da-boate-kiss.html>>. Acesso em: jul. 2015.

TONSO, L. G.; NARDELLI, E. S. BIM para a análise de desempenho térmico em edificações do Programa Minha Casa Minha Vida, p. 25-29. In: **São Paulo: Blucher**, 2015.

TUTIKIAN, B., ESTEVAM, E., BOLINA, F. Especificação de Parâmetros da Estrutura de Concreto Armado Segundo os Preceitos de Desempenho, Durabilidade e Segurança contra Incêndio. **Revista Conselho em Revista CREA-RS**, Porto Alegre. Número 107, p. 36-37, mar./abr. 2015.

VIER, L. C.; HAMMES, R. F.; SILVA, J. M.; STEFFENS, A.; BRIDI, M. E. Conforto lumínico e a realidade existente em HIS no município de Santa Rosa/RS. In: **IV Seminário Nacional de Construções Sustentáveis**, 4, nov. 2015. Passo Fundo, RS.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** Porto Alegre, Editora Bookman, 2001, 2ª edição, 205 p.