



Universidade Federal de Juiz de Fora

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Caroline Lorensato Evangelista

**APLICAÇÃO DA NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575 EM
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS:**

Uma análise sobre os requisitos de desempenho térmico e acústico

Monografia apresentada à Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial
para conclusão da disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso I.

Orientador: Prof. Ernani S. Machado

Juiz de Fora

Julho/ 2017

.

Dedico este trabalho à minha família que sempre me deu apoio para que eu realizasse esse sonho. Ao Victor que sempre esteve ao meu lado em toda essa trajetória e principalmente àquela que me dá força para nunca desistir de que vale a pena todo o esforço, minha filha Laura.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma contribuíram para minha trajetória acadêmica e especialmente para este trabalho.

Agradeço a toda a minha turma e em especial a Mari Paz, Raíssa, Felipe Arlindo e Artur Jardim que sempre participaram dos momentos de alegria e de tristeza pelos quais passei durante esses 4 anos e meio.

Agradeço também a toda equipe do escritório SK Arquitetura que me deram total apoio durante a pesquisa e durante todo o tempo em que estagiei no escritório e, em especial ao Dimitri que cobriu minhas faltas em decorrência da pesquisa e sempre transbordou sua alegria e positividade a mim.

Sou grata a minha orientadora da bolsa de iniciação científica, Maria Aparecida Hippert por toda a atenção dada a esta pesquisa e por despertar em mim a curiosidade sobre o tema deste trabalho.

Meus agradecimentos aos meus queridos amigos de CTU que fazem parte desse meu sonho desde sempre.

Aos meus familiares que, assim como meus amigos, vivem comigo esse sonho.

Aos meus pais que sempre dedicaram seu tempo a me ajudar durante toda a faculdade. Ao Victor por compreender minhas ausências e falta de tempo.

Agradeço imensamente à minha filha, a quem também dedico esse trabalho, por me dar bronca por trabalhar demais e me fazer perceber que dá tempo para tudo que se queira fazer.

E por fim, agradeço meu orientador Ernani Machado por toda atenção a minha pesquisa.

Sou muitíssimo grata a todos vocês que contribuíram e contribuem sempre para meu crescimento.

Muito Obrigada.

Viva intensamente, desconfie do futuro, siga
em frente. Basta acreditar, vale a pena sonhar.
ALEIXO.

Resumo

A nova norma de desempenho para edifícios habitacionais, em vigor desde de julho de 2013, é ainda um tema polêmico e que gera dúvidas aos profissionais do setor da construção civil. A norma traz em seu corpo incumbências de cada uma das partes envolvidas no processo de projeto, execução e uso da edificação além de requisitos e critérios a serem atendidos pelos edifícios. O objetivo deste trabalho é identificar os requisitos e critérios da norma acerca do desempenho térmico e acústico em edifícios de múltiplos pavimentos e buscar soluções existentes no mercado, através de entrevistas com profissionais projetistas, para fomentar o trabalho futuro de projetar um edifício que atenda plenamente à norma de desempenho em relação ao desempenho térmico e ao desempenho acústico. Através das entrevistas realizadas nota-se que este assunto tem muito a ser discutido e que há, hoje em dia, tecnologia capaz de atender aos critérios impostos pela norma e que, no entanto, não são aplicados por falta de informação ou por pressão do mercado que visa lucrar com as obras diminuindo ao máximo seu custo.

Palavras-chave

Desempenho; NBR 15575; Conforto térmico; Conforto Acústico

Sumário

Introdução	01
1. A Norma Brasileira de Desempenho	05
2. Desempenho Acústico	10
2.1. NBR 15.575 – Desempenho Acústico	10
3. Desempenho Térmico	22
3.1. NBR 15.575 – Desempenho Térmico	22
4. Materiais e métodos	32
4.1. Referencial Bibliográfico	32
4.2. Instrumentos de Pesquisa	32
5. A aplicação da NBR 15575 por arquitetos em Juiz de Fora – MG	35
5.1. Considerações sobre o método	45
Conclusão	47
Referências	50
Apêndice	52

INTRODUÇÃO

Este trabalho inicia-se na bolsa de iniciação científica¹ realizada pela autora, no departamento de construção civil da Universidade Federal de Juiz de Fora, onde o primeiro contato com os estudos acerca da ABNT NBR 15575/2013 foram estabelecidos. Assim, esta monografia apresenta-se na necessidade de aprofundar o conhecimento sobre esta normatização, dando continuidade ao trabalho iniciado em 2016.

O principal objetivo desta pesquisa é identificar requisitos e critérios de desempenho térmico e acústico descritos pela norma brasileira de desempenho e através de entrevistas com arquitetos atuantes analisar a aplicação da NBR 15575, sua viabilidade e as soluções técnicas existentes para o desempenho de uma edificação residencial de múltiplos pavimentos.

O surgimento da ABNT NBR 15575 ocorre após o grande crescimento dos empreendimentos imobiliários de habitações sociais subsidiados pelo governo brasileiro. Sendo a primeira versão publicada em 2008, que, no entanto, não chega a entrar em vigor pois a norma é imediatamente retirada para revisão e apenas em fevereiro de 2013 é publicada uma segunda versão, que desde julho de 2013 encontra-se em vigor no país. Segundo Borges (2008) a preocupação com o desempenho desse tipo de edificação vem caindo drasticamente a medida que o lucro na construção aumenta e para frear essa queda na qualidade das habitações a norma de desempenho é criada. O intuito da norma é atribuir responsabilidades e critérios minimamente habitáveis para uma habitação, tendo em vista que o sonho da casa própria é muitas vezes inalcançável por grande parte da população brasileira.

No entanto, a aplicação da NBR 15575 ainda é bastante restrita e pouco difundida nas cidades brasileiras, como é o caso de Juiz de Fora-MG, cidade objeto desse estudo. Nota-se, com essa pesquisa, através de entrevistas com profissionais de arquitetura atuantes na cidade uma intenção em adota-la e segui-la, mas a longo

¹**A Norma Brasileira De Desempenho E A Sustentabilidade Das Edificações Habitacionais** – Faculdade de Engenharia| Dep. De Construção Civil. Coord.Profa. Dra. Maria Aparecida Steinherz Hippert. UFJF. 2016.

prazo. Apesar de a preocupação com o conforto dos usuários já ser algo presente e notável nos projetos de arquitetura dos profissionais entrevistados.

Essa pesquisa se estrutura em 5 capítulos, onde o primeiro capítulo apresenta a norma brasileira de desempenho em edifícios habitacionais, ABNT NBR 15575, explicitando o significado do termo desempenho, sua criação, bem como, sua estrutura e suas implicações quanto às novas edificações de uso residencial. O terceiro capítulo trata apresentação da metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa e análise dos resultados obtidos. No quarto capítulo são apresentados os resultados das entrevistas realizadas com arquitetos atuantes na cidade de Juiz de Fora e por fim, no quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas a partir da análise da ANBT NBR 15575 e as respostas dos profissionais.

E como resultado final a mesma irá fomentar o projeto arquitetônico de um edifício residencial de múltiplos pavimentos que atenda de forma integral aos requisitos e critérios da ABNT NBR 15575 quanto ao desempenho térmico e acústico.

Diretrizes da pesquisa

As diretrizes para desenvolvimento deste trabalho são as listas a seguir:

Questão da pesquisa

Com a entrada em vigor da NBR 15575, norma brasileira de desempenho de edifícios habitacionais, quais as implicações projetuais para a adequação de edifícios quanto aos requisitos de conforto térmico e acústico para a cidade de Juiz de Fora- MG?

Objetivo principal

Identificar requisitos e critérios a serem atendidos conforme a nova norma e analisar soluções técnicas projetuais e de materiais especificados por profissionais da área de projetos de arquitetura da cidade de Juiz de Fora afim de solucionar não

conformidades com a norma de desempenho quanto aos requisitos de conforto térmico e acústico em seus projetos.

Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) Analisar as implicações da norma em escritórios de projeto;
- b) Analisar a aplicabilidade da norma segundo o ponto de vista dos arquitetos atuantes na cidade;

Delimitações

Este trabalho delimita-se aos estudos da norma acerca do desempenho térmico e acústico e suas implicações no ponto de vista dos profissionais arquitetos da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais.

Justificativa

A NBR 15575 de 2013 é uma norma recente e que gera ainda, um grande impacto no setor da construção civil, uma vez que atinge toda a cadeia produtiva, desde a concepção projetual até a fase de uso e manutenção do edifício. Trata-se de uma norma de desempenho, o que é outra novidade para a indústria da construção que está acostumada às normas prescritivas, que versam sobre como executar determinado serviço, a norma de desempenho, por sua vez, trata apenas do que deve ser atendido pelo sistema e não como será realizado. Essa e outras novidades trazidas pela NBR15575 causaram grande desconforto no setor, que após a primeira publicação da normativa, se mobilizou e conseguiu com que a mesma fosse revista e postergasse sua entrada em vigor. (BORGES, 2008)

Assim, a motivação para o estudo da NBR 15.575 surge por se tratar de um tema polêmico, pouco estudado e difundido no meio acadêmico, sendo os requisitos de conforto térmico e acústico, aqueles que possuem grande implicação no projeto

arquitetônico e são facilmente percebidos pelos usuários no momento de uso da habitação.

1. NORMA DE DESEMPENHO

A palavra desempenho possui vários significados atribuídos de acordo com o contexto em que a mesma é utilizada, o desempenho é cobrado, principalmente, de produtos, onde se busca o exercício correto e efetivo de uma determinada função. Conforme descreve Mitidieri Filho e Helene (1998)

“O desempenho do produto é o resultado do equilíbrio dinâmico que se estabelece entre ele e o meio que o circunda. O edifício e suas partes constituintes possuem determinadas propriedades e características que influenciam, de uma forma ou de outra, o modo como elas reagem às condições de exposição. ” (Mitidieri Filho e Helene, 1998 p. 8)

Segundo Borges (2008) a palavra desempenho é utilizada de forma coloquial por toda a sociedade, e possui um significado bastante amplo. E de acordo com Blachère (1969) apud Borges (2008) “O desempenho de uma edificação pode ser entendido como seu comportamento em uso ao longo de sua vida útil”. Conforme a definição do dicionário o termo desempenho significa

De.sem.pe.nho sm. 1. Modo com alguém ou alguma coisa se comporta tendo em conta sua eficiência, seu rendimento: o desempenho de uma gestão, de um cantor ou atleta. 2. Interpretação; modo pessoal de interpretar ou de representar alguma coisa: o desempenho do artista. 3. Execução; ação de cumprir um trabalho, obrigação, promessa. (FERREIRA, 2000 – pág.: 244)

Ou seja, a palavra desempenho denota o cumprimento de algo, a obrigatoriedade de seguir algum parâmetro e é nesse sentido que a norma de desempenho surge, para estabelecer parâmetros de eficiência e qualidade às habitações no Brasil.

Conforme cronologia realizada por Borges (2008), durante a década de 70 o país passa por grandes avanços econômicos e o investimento na indústria da construção

civil cresce, o que gera uma aposta do setor em novas técnicas e tecnologias para a construção. O emprego dessas novas formas de construir gerou a necessidade de se realizar estudos acerca da eficiência dessas técnicas e assim prever a vida útil de determinado projeto. No entanto é apenas nos anos 80 que o tema desempenho de edifícios é efetivamente estudado, quando o IPT, por encomenda do então Banco Nacional de Habitação, faz um estudo elaborado para criação de critérios de avaliação de sistemas construtivos. Esse trabalho é interrompido quando o BNH é extinto e passa a ser o que hoje é a Caixa Econômica.

Apenas nos anos 1997 os estudos sobre o desempenho de edifícios são retomados nos mesmos moldes daquele realizado em 1980. E em 2000 a própria Caixa financia o projeto de pesquisa “ Normas técnicas para avaliação de Sistemas construtivos Inovadores para Habitação’, cujo objetivo era desenvolver normas técnicas para avaliação de edifícios habitacionais (BORGES, 2008).

E em 2008 é publicada a primeira versão da Norma Brasileira de Desempenho que por motivos de adaptação e descontentamento do setor da construção civil é retirada e revisada para, somente, em julho de 2013 entrar em vigor. Durante o processo de revisão a principal mudança entre as duas publicações é o fato de que a primeira versão se referia apenas a edifícios habitacionais até cinco pavimentos, o que foi retirado na segunda versão que se refere a todos os tipos de edifícios habitacionais. Vale lembrar que a norma de desempenho não se aplica a obras de restauração, reforma e retrofit, bem como a obras iniciadas ou aprovadas antes da sua entrada em vigor, em julho de 2013 e obras de outra natureza que não habitação (BORGES, 2008).

A NBR 15.575 da ABNT é uma norma que se difere das normas usuais, pois, em sua grande maioria as normas publicadas no Brasil são prescritivas, ou seja, trata-se de conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para um produto ou um procedimento específico, com base na consagração do uso ao longo do tempo (ABNT,2013), enquanto as normas de desempenho são um conjunto de requisitos e critérios com base nas exigências dos usuários, independente da sua forma ou dos materiais constituintes, sendo assim, as normas de desempenho não se referem a como fazer, e sim às exigências do usuários a serem atendidas.

As exigências dos usuários, segundo ABNT (2013) é conjunto de necessidades do usuário da edificação habitacional a serem satisfeitas por este (e seus sistemas), de modo a cumprir com suas funções. Em uma habitação, conforme descreve Mitidieri Filho e Helene (1998) as exigências dos usuários correspondem às exigências humanas, sejam elas de caráter fisiológico, psicológico, sociológico ou econômico.

Dividida em seis partes, a norma de desempenho possibilita a avaliação do edifício em partes e no todo. São consideradas 13 exigências dos usuários, seguindo as diretrizes apontadas pela ISO 6241-1984 (BORGES, 2008), em que cada sistema deve atender aos requisitos e critérios. Sendo cada parte um sistema, temos:

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Para cada sistema são relacionadas as exigências de:

Segurança:

- Segurança estrutural;
- Segurança contra o fogo;
- Segurança no uso e na operação.

Habitabilidade:

- Estanqueidade;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Desempenho lumínico;
- Saúde, higiene e qualidade do ar;
- Funcionalidade e acessibilidade;
- Conforto tátil e antropodinâmico.

Sustentabilidade:

- Durabilidade;
- Manutenibilidade;
- Impacto ambiental.

O volume 1 trata dos requisitos gerais, refere-se às exigências dos usuários e aos requisitos gerais comuns aos diferentes sistemas, estabelecendo as diversas interações e interferências entre estes (ABNT,2013), nessa parte encontram-se os níveis de desempenho descritos pela norma, são eles: nível mínimo (obrigatório a todos os edifícios habitacionais), nível intermediário e superior, é importante destacar que nem todos os critérios possuem níveis intermediário e superior. Nesse volume é ainda realizado um resumo de toda a norma e a relação de definição de termos e incumbências de cada cargo no processo construtivo.

A NBR 15.575 define desempenho como “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas” e difere requisitos de desempenho e critérios de desempenho como, requisitos sendo as “condições que expressam qualitativamente os atributos que a edificação habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer as exigências do usuário” (ABNT,2013) e os critérios as “especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados”(ABNT,2013), ou seja, os requisitos se referem a qualidade enquanto, os critérios à quantidades.

A norma ainda define o que são condições de exposição como, “ conjunto de ações atuantes sobre a edificação habitacional, incluindo cargas gravitacionais, ações externas e ações resultantes da ocupação” (ABNT,2013), este é um importante conceito a ser abordado, pois todos os critérios de desempenho sofrem interferência das condições de exposição. As análises dessas condições se fazem necessárias principalmente, se tratando de questões de conforto térmico e acústico, uma vez que as interferências externas é o que são mensuradas nesses requisitos.

A norma de desempenho implica em toda a cadeia produtiva, desde a concepção do projeto arquitetônico até o uso e manutenção do edifício, por esse motivo a norma traz as incumbências de cada atuante neste ciclo. Conforme a NBR 15575 cabe ao

projetista estabelecer a vida útil projetada e especificar materiais, produtos e processos que atendam ao desempenho mínimo estabelecido em norma. Ao usuário cabe “ [...] realizar manutenção, de acordo com o que estabelece a ABNT NBR 5674 e o manual de operação, uso e manutenção, ou documento similar” (ABNT,2013, pág 11) e ao construtor a “ [...] identificação dos riscos previsíveis na época do projeto, devendo o incorporador, neste caso, providenciar os estudos técnicos requeridos e alimentar os diferentes projetistas com as informações necessárias. ” (ANBT.2013, pág 11). Ao construtor ou incorporador cabe ainda elaborar o manual de operação uso e manutenção conforme NBR 14037 e NBR 5674.

2.DESEMPENHO ACÚSTICO

O que é desempenho acústico

O desempenho acústico conforme descreve a ABNT (2013) avalia a capacidade que determinado sistema possui de atenuar, diminuir ou extinguir ruídos indesejados dentro da habitação. São avaliados, principalmente, os ambientes de permanência prolongada, por serem estes os ambientes que demandam maior atenção em uma residência, uma vez que são ocupados pelos usuários na maior parte do tempo.

O som pode ser descrito como a passagem de flutuações de pressão através de um meio elástico, como resultado de um impulso vibracional transmitido àquele meio. (RAICHEL, 2000). Já o ruído é também um som, porém este é indesejado e subjetivo, uma vez que essa percepção varia de pessoa para pessoa.

A norma brasileira de desempenho busca definir requisitos e critérios a partir das necessidades dos usuários de uma habitação, de forma geral, para que a habitação atenda minimamente ao conforto auditivo do ser humano.

2.1 NBR 15.575 – Desempenho Acústico

A norma brasileira de desempenho é dividida em seis partes e, em cada uma delas, são especificados os requisitos e parâmetros para desempenho acústico de acordo com o sistema abordado. Sendo assim, temos:

2.1.1 PARTE 1 - Requisitos gerais

Não há nesta parte especificações quanto ao desempenho acústico. Apenas são citadas as partes 3, 4 e 5 onde são encontrados os critérios de desempenho e os métodos de avaliação.

2.1.2 PARTE 2 – Sistemas Estruturais

Não há para essa parte da norma requisitos e critérios específicos para desempenho acústico.

2.1.3 PARTE 3 – Sistemas de Pisos

Nesta parte são apresentados os requisitos e critérios para isolamento acústico do sistema de pisos, entre unidades habitacionais em edifícios de múltiplos pavimentos ou entre unidade habitacional e pisos de áreas comuns.

Quanto aos métodos de avaliação, são citados pela norma dois tipos. O método de engenharia, realizado em campo e o método simplificado também realizado em campo, a principal diferença entre os dois métodos é que o primeiro determina o nível de pressão sonora de impacto, enquanto o segundo dá apenas uma estimativa do nível de pressão sonora. Quando não for possível, seja por falta de equipamento ou por impossibilidade quanto às condições de ruído, medir o tempo de reverberação.

O método de engenharia é mais indicado por ser mais confiável e preciso.

Nesta parte são avaliados dois tipos de ruído, os ruídos de impacto, que, como o próprio nome sugere, são aqueles provenientes de impactos gerados no piso superior, e os ruídos aéreos, que são aqueles que se propagam pelo ar e penetram no ambiente através dos vãos e frestas (Figura 1).

Figura 1 - Ruído de Impacto e ruído aéreo.



Fonte: (PIERRARD, Juan Freitas e AKKERMAN Davi. 2013).

O método que deve ser utilizado para avaliar isolamento de ruído de impacto padrão em sistemas de pisos é descrito na norma ISO 140-7, enquanto método para avaliar isolamento de ruído aéreo de sistemas de piso é descrito pela ISO 140-4.

Os parâmetros utilizados para verificação do desempenho do sistema, portanto, são os descritos no quadro 1:

Quadro 1 – Parâmetros de verificação para sistema de piso

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
$L'_{nt,w}$	Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado	ISO 140-7 ISO 717-2	Sistema de Piso
$D_{nt,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais, em edifícios (pisos, paredes, etc.)

Fonte: (ABNT. 2013, pág. 20)

Quanto aos níveis de ruído de impacto admitidos na habitação tem-se que, o som resultante do ruído de impacto entre unidades devem ser, no mínimo, igual ao descrito no quadro 2.

Quadro 2 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado.

Elemento	$L'_{nt,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	≤ 80
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	≤ 55

Fonte: (ABNT,2013).

Para os níveis I e S tem-se os valores conforme descrito pelo quadro 3.

Quadro 3 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado para nível de desempenho Intermediário e Superior.

Elemento	$L'_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	<i>M</i>
	56 a 65	<i>I</i>
	≤55	<i>S</i>
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	<i>M</i>
	46 a 50	<i>I</i>
	≤45	<i>S</i>

Fonte: (ABNT, 2013).

Para os níveis de ruído aéreo entre pisos, o desempenho mínimo exigido de diferença padronizada de nível ponderada deve seguir os critérios conforme apresentados no quadro 4, a seguir.

Quadro 4 – Critério de diferença padronizada de nível ponderado.

Elemento	$D_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	≥45
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	≥40
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥45

Fonte:(ABNT,2013).

Para os níveis I e S os valores a serem considerados estão explicitados no quadro 5, a seguir:

Quadro 5 – Critério de diferença padronizada de nível ponderado para os níveis de desempenho Intermediário e Superior.

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	45 a 49	<i>M</i>
	50 a 54	<i>I</i>
	≥ 55	<i>S</i>
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	40 a 44	<i>M</i>
	45 a 49	<i>I</i>
	≥ 50	<i>S</i>
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	<i>M</i>
	50 a 54	<i>I</i>
	≥ 55	<i>S</i>

Fonte:(ABNT,2013).

2.1.4 PARTE 4 – Sistemas de Vedação Vertical Interna e Externa

Nesta parte da norma são tratados os requisitos e critérios de isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades habitacionais, entre dependências de uma mesma unidade e entre a unidade e as áreas comuns do edifício.

Quanto aos métodos de avaliação, a norma especifica 3 tipos. Sendo eles, método de precisão, realizado em laboratório, método de engenharia, realizado em campo e o método simplificado, também realizado em campo. O primeiro determina a isolamento sonora de elementos construtivos, fornecendo valores de referência para cálculos de projeto. Esse método é descrito na norma ISO 10140-2. Para avaliar um projeto como todo é necessário ensaiar cada elemento e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Já o método de engenharia, muito se assemelha ao método citado na parte anterior, para as paredes externas (fachadas) o comportamento acústico do sistema é descrito na norma ISO 140-5. É importante ressaltar que, para as paredes internas o método é descrito pela ISO 140-4. As paredes que separam o ambiente interno da unidade habitacional e áreas comuns, como corredores, são consideradas paredes de vedação interna.

O método simplificado de campo, como explicado anteriormente, é utilizado quando não se dispõe de equipamento necessário ou não é possível medir o tempo de reverberação. Este método é descrito na ISO 10052.

Os parâmetros de verificação adotados são, portanto, os que constam no quadro 6.

Quadro 6– Parâmetros acústicos de verificação

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
R_w	Índice de Redução Sonora Ponderado	ISO 10140-2 ISO 717-1	Componentes, em laboratório
$D_{nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes etc.)
$D_{2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada	ISO 140-5 ISO 717-1	Fachadas, em edificações Fachadas e coberturas em casas térreas e sobrados

Fonte: (ABNT, 2013).

Os níveis de ruído aceitos na habitação possuem dois critérios a serem avaliados, são eles, diferença padronizada promovida pela vedação externa, (verificada em ensaio de campo utilizando um dos métodos de campo acima citados), ou seja, é a quantidade de ruído que o sistema de vedação consegue isolar entre o ambiente externo do edifício e o interior da unidade habitacional, assim como, ilustrado pela figura 2, a baixo.

Figura 2 - Ruído proveniente de ambiente externo.



Fonte: (PIERRARD, Juan Freitas e AKKERMAN Davi. 2013.)

O nível mínimo de desempenho deste critério é separado conforme a distância do ambiente às fontes de ruído externo. Sendo que, quanto maior a proximidade do ambiente com a fonte de ruído, maior a quantidade de decibéis admitidos para aquele ambiente, assim como indicado pelo quadro 7.

Quadro 7 – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30
<p>Nota 1: Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.</p> <p>Nota 2: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos</p>		

Fonte:(ABNT, 2013).

Para os níveis I e S, os valores admitidos de ruídos no interior dos ambientes são divididos da mesma forma como os níveis mínimos. No quadro 8, a baixo, são apresentados todos os níveis de desempenho conforme descritos pela norma.

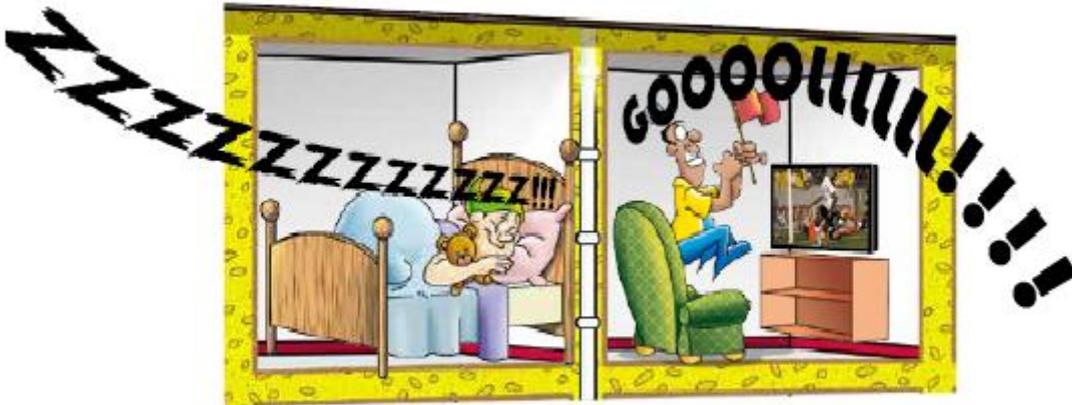
Quadro 8 – Valores Intermediário e Superior da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: (ABNT, 2013).

Outro critério avaliado, referente aos ruídos admitidos na habitação, é a diferença padronizada de nível ponderada promovida pela vedação entre ambientes (verificada em ensaio de campo), ou seja, é a capacidade do sistema de vedações verticais de isolar o ruído entre ambientes internos do edifício, como ilustra a figura 3, a seguir.

Figura 3 - Ruído proveniente de ambiente interno



Fonte: (PIERRARD, Juan Freitas e AKKERMAN Davi. 2013.)

O sistema de vedação vertical deve atender aos valores mínimos de diferença padronizada de nível ponderada conforme apresentados pelo quadro 9, a seguir: Sendo definidos os parâmetros conforme o tipo de separação estabelecida pelas paredes, ou seja, se as paredes são geminadas, se separam a unidade dos ambientes de áreas comuns e se possuem aberturas ou que sejam paredes cegas.

Quadro 9 – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes.

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	≥40
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	≥45
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	≥40
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	≥30
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥45
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	≥40

Fonte: (ABNT, 2013).

Para os níveis I e S são feitas as mesmas divisões como para o nível mínimo de desempenho sendo, portanto, os valores apresentados a seguir no quadro 10.

Quadro 10 – Valores Intermediário e Superior da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S

Fonte: (ABNT, 2013).

2.1.5 PARTE 5 – Sistema de Cobertura

Nesta parte são apresentados os requisitos e critérios para verificação do isolamento acústico entre os meios externo e interno de uma habitação através da cobertura. Os métodos de avaliação para essa parte são os mesmos utilizados para os sistemas de piso e seguem as mesmas normas para descrição dos métodos de verificação. (Quadro 11).

Quadro 11 – Parâmetros acústicos de avaliação.

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
$D_{2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nivel Ponderada a 2 m de distância da fachada/cobertura	ISO 140-5 ISO 717-1	Vedação externa, em edifícios
$L'_{nT,w}$	Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado	ISO 140-7 ISO 717-2	Pisos e coberturas de uso coletivo, em edifícios

Fonte: (ABNT, 2013).

O método de avaliação indicado são os ensaios de campo, também citados na parte em que são descritos os métodos de ensaios do sistema de pisos. O sistema de cobertura deve atender os valores mínimos de diferença padronizada de nível ponderada, de acordo com o quadro 12, apresentado a seguir. As classes de ruído para esse sistema são as mesmas apresentadas para o sistema de pisos a cima apresentadas.

Quadro 12 – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30
<p>Nota 1: Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.</p> <p>Nota 2: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos</p>		

Fonte: (ABNT, 2013).

Para os níveis I e S os valores a serem adotados para cada uma das classes de ruído estão explicitados no quadro 13, a seguir.

Quadro 13 – Valores Intermediário e Superior da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório.

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: (ABNT, 2013).

Os ruídos analisados, neste caso, são os ruídos aéreos provenientes do ambiente externo.

Para fins de análise de desempenho, os níveis de ruído de impacto nas coberturas apenas são medidos quando as mesmas forem acessíveis para uso coletivo. Para

avaliação deste critério as medições devem ser realizadas nos dormitórios e sala de estar, utilizando um dos métodos de campo a cima citados.

O nível de desempenho mínimo exigido para pressão sonora de impacto padronizado ponderado em coberturas é apresentado no quadro 14.

Quadro 14 – Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado.

Sistema	$L'_{nT,w}$ [dB]
Cobertura acessível de uso coletivo	≤ 55

Fonte: (ABNT, 2013).

Para os níveis I e S os valores admitidos são explicitados no quadro 15, a baixo.

Quadro 15 – Níveis Intermediário e Superior de pressão sonora de impacto padronizado ponderado.

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
Cobertura acessível, de uso coletivo (Pessoas)	Igual ou < 55	<i>M</i>
	Igual ou < 50	<i>I</i>
	Igual ou < 45	<i>S</i>

Fonte: (ABNT, 2013).

2.1.6 PARTE 6 – Sistema Hidrossanitário

Não há para essa parte da norma requisitos e critérios específicos para desempenho acústico.

Apenas são tratados os ruídos gerados pelos equipamentos hidrossanitários de forma informativa, pois não é obrigatório o atendimento aos requisitos apresentados.

3. DESEMPENHO TÉRMICO

O que é conforto térmico

Segundo Carlo (2005), conforto térmico pode ser definido como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação é responsável pela sensação de desconforto seja pelo frio ou pelo calor, isso ocorre quando há diferença entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.

Conforme Carlo (2005) descreve, as variáveis de conforto térmico se dividem em variáveis ambientais e variáveis humanas. Sendo as variáveis humanas o metabolismo gerado pela atividade física e a resistência térmica oferecida pela vestimenta e as ambientais, a temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e a umidade relativa do ar. Além desses fatores outras variáveis devem ser consideradas quando se trata de conforto térmico em residências, como sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso e altura.

São essas variáveis que traduzem as necessidades dos usuários e que possibilitam a criação de critérios e requisitos a serem atendidos conforme a ABNT NBR 15575 estabelece para desempenho térmico.

3.1 NBR 15.575 – Desempenho Térmico

A norma brasileira de desempenho é dividida em seis partes e, em cada uma delas, são especificados os requisitos e parâmetros para desempenho térmico de acordo com o sistema abordado. Sendo assim, temos:

3.1.1 PARTE 1 Requisitos gerais

Na primeira parte da norma são tratados os requisitos de desempenho térmico que possuem relação com mais de um sistema construtivo.

Deve se considerar a zona bioclimática em que se encontra a cidade onde está o edifício, conforme a NBR 15220-3. Para avaliar a adequação das habitações de acordo com a norma há duas possibilidades: procedimento simplificado e procedimento de medição.

O procedimento simplificado atende aos sistemas de vedações verticais e ao sistema de cobertura. Consiste em utilização de programa de computador para avaliar a edificação como um todo, quando os métodos de avaliação constantes nas partes 4 e 5 resultarem em desempenho insatisfatório.

Já o procedimento de medição é um método informativo e não se sobrepõe ao método simplificado. Consiste na verificação do atendimento de requisitos e critérios de desempenho por meio de medições em edificações ou protótipos construídos.

Para a realização de simulação computacional são utilizadas como referência as tabelas constantes no anexo A da norma, A1, A2 E A3. As quais fornecem informações sobre a localização geográfica de algumas cidades brasileiras e seus dados climáticos.

No caso de Juiz de Fora, não há nas tabelas dados relativos ela, no entanto, nesse caso o recomendado é utilizar dados de outra cidade próxima e que esteja localizada na mesma zona bioclimática, por tanto, para Juiz de Fora, que se localiza na zona bioclimática 3, tem-se os dados das cidades de Florianópolis, Porto Alegre, São Paulo e Belo Horizonte. Para obter maior confiabilidade o indicado é utilizar os dados da cidade mais próxima, ou seja, Belo Horizonte.

O programa apontado pela ABNT NBR 15575 para realização desse tipo de simulação é o *Energy Plus*, ou qualquer outro que permita determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima e sejam validados pela ASHRAE standards 140.

3.1.1.1 Exigência de Desempenho no Verão

A habitação deve, no verão, apresentar condições térmicas melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para dia típico de verão. (ABNT, 2013)

Conforme a NBR 15575 um dia típico de verão é definido como,

[...]um dia real, caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais quente do ano segundo a média do período dos últimos 10 anos. (ABNT, 2013, p.6)

Para o nível mínimo de desempenho tem-se que, a temperatura do ar no interior dos ambientes de permanência prolongada deve ser menor ou igual à do ambiente externo. Para os níveis Intermediário e Superior (aos quais o atendimento não é obrigatório de serem atendidos) tem-se os valores indicados no quadro 16.

Quadro 16 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1\text{o C})$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2\text{o C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1\text{o C})$
<p>$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p>		

Fonte: (ABNT, 2013).

3.1.1.2 Exigência de Desempenho no Inverno

A habitação deve, no inverno, apresentar condições térmicas melhores às do ambiente externo para dia típico de inverno. (ABNT, 2013. p. 20)

Conforme a NBR 15575 um dia típico de inverno é definido como,

[...]um dia real, caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais frio do ano segundo a média do período dos últimos 10 anos. (ABNT, 2013, p.6)

Para o nível mínimo de desempenho tem-se que a temperatura do ar no interior dos ambientes de permanência prolongada deve ser maior ou igual à temperatura mínima em 3°. Para os níveis Intermediário e Superior (aos quais não é obrigatório de serem atendidos) os valores adotados estão relacionados no quadro 17, a seguir.

Quadro 17 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 51)	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^\circ \text{ C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^\circ \text{ C})$	
S	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^\circ \text{ C})$	
<p>$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;</p> <p>$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;</p> <p>NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p>		

Fonte: (ABNT, 2013).

Conforme a NBR 15575, durante a fase de projeto, a edificação de múltiplos pavimentos deve ter avaliada uma unidade habitacional no último andar, com cobertura exposta, para os dias típicos de inverno e de verão. Isso por que, as unidades no último andar com cobertura exposta são as de pior exposição em um edifício de múltiplos pavimentos, uma vez que, recebe o calor proveniente não só das paredes, mas também da cobertura.

Todos os recintos da unidade devem ser simulados, considerando as trocas térmicas entre ambientes (inclusive os recintos adjacentes de outras unidades). No entanto, para fins de avaliação, são utilizados apenas os dados dos ambientes de permanência prolongada (quartos e sala de estar).

Para a simulação é interessante que a edificação esteja orientada como na implantação determinada em projeto, mas caso não haja essa informação, a orientação deve ser feita de forma que a pior orientação possível seja testada, ou seja, a orientação mais crítica dos cômodos de permanência prolongada. A própria norma orienta o que seriam as orientações mais críticas para cada estação do ano,

sendo, para o verão “janelas voltadas pra Oeste e a outra parede exposta para o exterior voltada para norte, quando não for possível o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste. “ (ABNT,2013, p 21) e para o inverno, “janela do ambiente voltada para sul e outra parte externa voltada para leste, quando não for possível pelo menos uma janela voltada para sul” (ABNT,2013, p. 21). Quanto ao entorno, deve se considerar todas as paredes expostas desobstruídas, apenas os elementos de obstrução previstos em projeto devem ser considerados.

A ventilação estipulada nesse tipo de simulação deve ser de 1 renovação de ar por hora.

A absorvância à radiação solar das superfícies, é definida pela NBR 15220 – 1 como “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (ABNT, 2005, p.2), ou seja, a quantidade de calor que os materiais que constituem o sistema de vedação são capazes de absorver, expostas deve ser definida de acordo com o material e cores adotadas, esse valor é dado pelo próprio fabricante do material e no caso das cores esse cociente é tabelado para cada tipo de cor. Caso a cor não tenha sido escolhida deve ser realizado teste para três alternativas de cor: cor clara, média e escura.

Caso a unidade habitacional simulada não atenda aos critérios estabelecidos pela norma no primeiro ensaio, uma nova simulação deve ser realizada considerando algumas alterações, são elas:

- Ventilação: a taxa de ventilação passa de 1 ren/h para 5ren/h
- Sombreamento: deve ser inserido proteção solar externa ou interna capaz de cortar no mínimo 50% da radiação solar direta, mantendo a mesma taxa de renovação de ar do primeiro ensaio, 1 ren/h
- Ventilação e sombreamento: são alterados os dois parâmetros, taxa de ventilação e sombreamento conforme citado acima.

3.1.2 PARTE 2 – Sistemas Estruturais

Não há para essa parte da norma requisitos e critérios específicos para desempenho térmico.

3.1.3 PARTE 3 – Sistemas de Pisos

Não há para essa parte da norma requisitos e critérios específicos para desempenho térmico.

3.1.4 PARTE 4 - Sistemas de vedações verticais internas e externas

Nesta parte são tratados os requisitos de desempenho térmico para as vedações verticais externas. Devendo ser avaliadas conforme os critérios apresentados nesta parte primeiramente e caso não sejam atendidos os níveis mínimos de desempenho é necessário realizar o procedimento de simulação conforme NBR 15575-1.

3.1.4.1 Adequação de Paredes Externas

Este requisito estabelece que as vedações verticais devem atender os critérios mínimos para transmitância térmica e capacidade térmica de acordo com a zona bioclimática em que se encontra a edificação.

Para a transmitância térmica (U) tem-se os critérios conforme o quadro 18, a seguir.

Quadro 18 – Transmitância térmica de paredes externas.

Transmitância Térmica U $W/m^2.K$		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^2 \leq 0,6$	$\alpha^2 > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

² α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: (ABNT, 2013).

A transmitância térmica pode ser definida “como transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo;” (ANBT, 2013, p. 9) ou conforme apresentado no guia CBIC, “Fluxo de calor que atravessa a área unitária de um componente ou elemento quando existe um gradiente térmico de $1^\circ K$ entre suas faces opostas, sendo o fluxo expresso em $Watts/m^2.^\circ K$. Inverso da resistência térmica.” (CBIC, 2013, p.138)

Os cálculos desse critério devem ser realizados conforme fórmula apresentada na ABNT 15220-2.

$$U = \frac{1}{RT}$$

Esse critério não possui níveis I e S.

3.1.4.1.1 Capacidade térmica

Para a capacidade térmica (CT) tem –se os critérios conforme o quadro 19.

Quadro 19 – Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade térmica (CT)	
kJ / m ² .K	
Zona 8	Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Fonte: (ABNT, 2013).

A capacidade térmica é definida pela NBR 15575 como, “[...] quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema em kJ/(m².K)” (ABNT,2013,p.6)

Os cálculos desse critério devem ser realizados conforme apresentado na ABNT 15220-2.

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad \dots \quad 3)$$

Onde:

λ_i é a condutividade térmica do material da camada i^a;

R_i é a resistência térmica da camada i^a;

e_i é a espessura da camada i^a;

c_i é o calor específico do material da camada i^a;

ρ_i é a densidade de massa aparente do material da camada i^a.

(ABNT, 2003. p. 2)

3.1.4.1.2 Abertura para ventilação

Este requisito apenas se aplica a ambientes de permanência prolongada, que devem possuir aberturas para ventilação conforme legislação local, no entanto,

quando não houverem exigências de ordem legal a norma estabelece os valores a serem atendidos.

Para a cidade de Juiz de Fora, a lei e Uso e Ocupação do Solo nº 6909 versa sobre os modelos de ocupação aceitos no território urbano, bem como estabelece critérios a serem atendidos pela edificação. O não atendimento aos artigos desta lei acarreta a não aprovação de projetos, interdição de obras e na retenção de documentação da edificação. O artigo 9º desta lei trata, especificamente, da dimensão dos vãos em ambientes residenciais, que segundo a NBR 15575, é válido para atestar o desempenho deste requisito. Conforme apresentado pela tabela 1, os ambientes de permanência prolongada devem possuir vãos de dimensões que variam de 1/5 a 1/6 da área total do cômodo:

Tabela 1 – Dimensão dos vãos de ventilação

NATUREZA DO COMPARTIMENTO	DANDO PARA ÁREAS DESCOBERTAS OU DIRETAMENTE VOLTADA PARA O EXTERIOR	DANDO PARA ÁREAS COBERTAS
Permanência Prolongada	1/6 da área do piso	1/5 da área do piso

Fonte: Juiz de Fora. Câmara de Vereadores. **Lei nº 6909, Uso e Ocupação do solo**, Juiz de Fora. MG.1986 Art. 10º.

Sendo esse o cálculo para determinação do desempenho mínimo para abertura de ventilação.

A norma não estabelece níveis I e S para esse critério.

3.1.5 PARTE 5 – Sistemas de Cobertura

Nesta parte são tratados os requisitos de desempenho térmico em relação ao sistema de cobertura.

3.1.5.1 Isolação Térmica da Cobertura

Assim como os sistemas de vedações verticais, o sistema de cobertura também deve apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado de acordo com a zona bioclimática onde se encontra a edificação. Devem ser avaliadas conforme os critérios apresentados nesta parte primeiramente, e caso não sejam atendidos os níveis mínimos de desempenho, é necessário realizar o procedimento de simulação conforme NBR 15575-1.

3.1.5.1.1 Transmitância térmica

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das coberturas, considerando fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas, encontram-se indicados no quadro 20.

Quadro 20 – Critérios para cobertura quanto a transmitância térmica.

Transmitância térmica (U) W/m ² K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
$U \leq 2,30$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$
	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3$ FV	$U \leq 1,5$ FV

α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura.
NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.

Fonte: (ABNT, 2013).

Os cálculos desse critério devem ser realizados conforme apresentado na ABNT 15220-2.

$$U = \frac{1}{RT}$$

Caso no projeto do sistema de cobertura haja previsão de isolamento térmica, deve constar em projeto as referências técnicas pertinentes. Para os níveis Intermediário e Superior (os quais não são obrigatórios de serem atendidos) tem-se no quadro 21 as recomendações.

Quadro 21 – Critérios e níveis intermediário e superior para cobertura quanto a transmitância térmica.

Transmitância térmica (U) W/m ² K					
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 ¹⁾		Nível de desempenho
U ≤ 2,3	α ¹⁾ ≤ 0,6	α ¹⁾ > 0,6	α ¹⁾ ≤ 0,4	α ¹⁾ > 0,4	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	α ¹⁾ ≤ 0,6	α ¹⁾ > 0,6	α ¹⁾ ≤ 0,4	α ¹⁾ > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	
U ≤ 1,0	α ¹⁾ ≤ 0,6	α ¹⁾ > 0,6	α ¹⁾ ≤ 0,4	α ¹⁾ > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	

¹⁾ Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro.
 NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220/2.

Fonte: (ABNT,2013)

Vale ressaltar que para este trabalho apenas os critérios adotados para a zona bioclimática 3 são de interesse, pelo fato de a cidade objeto deste estudo estar localizada nessa zona. Os demais critérios são apresentados apenas a nível de curiosidade.

3.1.6 PARTE 6 – Sistemas Hidrossanitários

Não há para essa parte da norma requisitos específicos para desempenho térmico.

Este trabalho tem por objetivo identificar as implicações impostas quanto ao desempenho térmico e acústico, pela NBR 15575 para projetos de edifícios residenciais, tanto teoricamente quanto na prática. Assim, após esta apresentação, apresentamos, a seguir, a metodologia aplicada a arquitetos atuantes no mercado de Juiz de Fora para a identificação de técnicas utilizadas e seus entendimentos acerca da NBR 15575 sobre seus projetos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Análise de requisitos e critérios da NBR 15575 acerca dos desempenhos térmico e acústico

Como apresentado, a NBR 15575 é constituída por seis partes, onde cada parte descreve um sistema da edificação. Sendo assim, a norma possibilita a medição dos níveis de desempenho de cada uma das partes e/ou do todo. Para a identificação dos requisitos e critérios de desempenho térmico e acústico contidos na norma foram analisadas todas as partes separadamente da ABNT NBR 15575 para, posteriormente, destacar aqueles que de fato tratam do tema abordado pela pesquisa. Sendo assim, foram apontados anteriormente todos os requisitos de cada um dos sistemas da edificação, que se referem ao desempenho térmico e acústico. O que possibilitou a obtenção das informações necessárias ao projeto quanto ao desempenho acústico e térmico do edifício como um todo.

Juiz de Fora tem recebido constantemente investimentos no setor da construção civil e é crescente o número de unidades habitacionais em construção na cidade. Esse fato, aliado ao crescimento do número de cursos de arquitetura e urbanismo oferecidos por instituições locais, faz com que a preocupação com a qualidade dos projetos na cidade seja um forte tema de discussão entre os profissionais arquitetos. A identificação das práticas adotadas por profissionais inseridos no mercado de projetos em Juiz de Fora, se faz importante, uma vez que, a preocupação com a qualidade e o desempenho das edificações projetadas na cidade vem crescendo.

4.2 Instrumento de Pesquisa

4.2.1 Entrevista

Segundo Marconi & Lakatos (1999), a entrevista é “um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de um determinado assunto”, o tipo de entrevista utilizado nessa pesquisa é a entrevista semi-estruturada. Nesse tipo de entrevista é elaborado um roteiro no qual o entrevistador apoia a entrevista podendo, caso seja necessário adaptar perguntas ou inverter a ordem das mesmas para facilitar o entendimento do entrevistado ou obter maiores informações.

A entrevista realizada com arquitetos foi elaborada a partir dos requisitos e critérios de desempenho identificados na etapa anterior. Isso possibilitou que as questões aplicadas tivessem teor informativo para auxiliar na melhor resposta do entrevistado, uma vez que, havia a possibilidade do não conhecimento ou conhecimento parcial da norma.

As perguntas elaboradas têm por objetivo identificar o nível de conhecimento da norma pelos arquitetos, bem como, as técnicas utilizadas por eles para melhorar o desempenho de seus projetos, ainda que desconhecassem a norma.

A escolha por esse método de pesquisa deu-se pelo fato de que a presença do entrevistador permite a identificação de subjetividades e nuances nas respostas dadas e também possibilita a resposta de dúvidas que o entrevistado possa ter no momento Rheingantz (2009), principalmente levando em conta que se trata de um tema ainda pouco conhecido pelos arquitetos de Juiz de Fora. Sendo assim, sanadas as dúvidas, o entrevistado poderia dar uma melhor resposta aos questionamentos.

A entrevista semiestruturada facilita a abordagem do entrevistador e faz com que o entrevistado se sinta mais à vontade para responder questões quanto seus métodos de trabalho, já que não expõe diretamente seus conhecimentos sobre dado tema e diminui o tempo da entrevista, tornando-a mais atrativa para quem responde.

Foram realizadas entrevistas com 4 profissionais de arquitetura atuantes em Juiz de Fora há, pelo menos, cinco anos e que possuem escritório próprio e, portanto, é responsável pela tomada de decisão em projetos.

O questionário que estrutura as entrevistas (Apêndice 1) contém 3 perguntas acerca da formação e atuação do profissional entrevistado, 3 perguntas quanto ao conhecimento e aplicação da NBR 15575 em projetos de arquitetura, 6 perguntas sobre do Desempenho acústico, sendo 4 delas estruturadas e 2 de livre resposta e ainda, 10 perguntas sobre desempenho térmico sendo, 8 delas estruturadas e 2 de livre resposta. As questões foram estruturadas para respostas em uma escala de valores que varia de 1 a 5 ou de 1 a 3, dependendo da necessidade de variação das questões. Para as perguntas com maior número de variação de respostas tem-se, na escala, 1 como o pior cenário de resposta e o 5 como o melhor cenário de resposta sendo os demais números respostas intermediárias ou neutras. Para as perguntas com amplitude menor

de respostas tem-se, na escala de valor, 1 como o pior cenário de resposta e o 3 como o melhor cenário, sendo o demais número neutro ou indiferente.

As entrevistas duraram em média 20 minutos para que todas as questões fossem respondidas da melhor maneira pelos entrevistados.

Para cada entrevista foi elaborado um código de identificação que varia de A01 à A04, para que a identidade do entrevistado fosse preservada e, foi ainda, pedido para que em suas respostas, o entrevistado não fizesse citação de nenhum tipo de informação que possa possibilitar sua identificação, ficando, assim, o entrevistado resguardado de qualquer exposição de suas ideias e conhecimento.

5. A APLICAÇÃO DA NBR 15575 POR ARQUITETOS EM JUIZ DE FORA - MG

Neste capítulo são apresentados os resultados das entrevistas realizadas conforme descrição a cima. A compilação dos resultados e suas análises foram realizadas a seguinte forma:

1. Registro de cada entrevista
2. Transcrição das respostas para meio digital
3. Elaboração de tabelas para a explicitação dos dados coletados
4. Análise de cada resposta individualmente
5. Análise comparativa de toda a amostra com a NBR 15575

As entrevistas com arquitetos de Juiz de Fora resultaram nas seguintes respostas.

Tabela 2 - Formação dos profissionais entrevistados

	A01	A02	A03	A04
Graduação em Arquitetura e Urbanismo	X	X	X	X
Pós-graduação no campo da Arquitetura		X		X
Mestrado no campo da Arquitetura	X			

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 – Tempo de atuação dos profissionais entrevistados

	A01	A02	A03	A04
Até 5 anos				
5 a 10 anos			X	
10 a 15 anos				
Mais de 15 nos	X	X		X

Fonte: Autoria própria

Tabela 4 – Nível de conhecimento dos entrevistados sobre a ABNT NBR 15575

	1	2	3	4	5
A01				X	
A02			X		
A03	X				
A04			X		

Fonte: Autoria própria

Tabela 5 – Nível de interesse dos entrevistados quanto a aplicação da ABNT NBR 15575

	1	2	3
A01			X
A02			X
A03		X	
A04			X

Fonte: Autoria própria

Tabela 6 – Quanto os entrevistados acreditam que a ABNT NBR 15575 atribui mais qualidade aos projetos de arquitetura

	1	2	3
A01			X
A02		X	
A03		X	
A04			X

Fonte: Autoria própria

Todos os profissionais entrevistados são profissionais formados em arquitetura e urbanismo e que atuam nessa área, sendo que o profissional A04 além de projetista também leciona em curso de arquitetura na cidade.

O profissional A01, atua no mercado de Juiz de Fora há 25 anos e é arquiteto proprietário de um escritório na cidade. Acerca da Norma de Desempenho, o mesmo se diz conhecedor da norma, porém não em sua totalidade. E possui grande

interesse em sua aplicação e incorporação em seu escritório, pois vê que a ANBT NBR 15575 agrega maior qualidade aos projetos de arquitetura, principalmente em projetos de habitação popular, uma vez que, esses tipos de projeto têm tido muito incentivo do governo e possuem uma grande escala e que, por questões mercadológicas, têm se notado uma queda na qualidade das unidades entregues.

O profissional A02, atua no mercado de Juiz de Fora há 16 anos e é arquiteto sócio / proprietário de um escritório na cidade. Acerca da Norma de Desempenho, o mesmo diz conhecer pouco da norma, mas possui interesse em conhece-la e aplica-la em seu escritório. Este profissional, no entanto, não acredita que a norma vá agregar mais qualidade ao projeto, pois outros fatores são, em sua percepção, mais importantes para determinar a qualidade de uma edificação.

O profissional A03, atuam em Juiz de Fora há 7 anos e também é proprietário de um escritório na cidade. Quanto a norma de desempenho, o entrevistado diz desconhecer a norma, mas possui algum interesse sobre o tema. E também acredita que a norma contribui pouco para a qualidade dos projetos arquitetônicos, uma vez que crê que outros fatores influenciam mais na qualidade da construção e do projeto.

O profissional A04, atua em Juiz de Fora como arquiteto projetista há 18 anos e é arquiteto proprietário de um escritório na cidade. Quanto a ABNT NBR 15575, o mesmo diz conhecer a norma, porém não em sua totalidade e há grande interesse em conhece-la e implanta-la em seu escritório. O mesmo acredita que a norma agrega maior qualidade aos projetos de arquitetura, visto que a mesma tende a cobrar maior fidelidade na execução dos projetos e às especificações dos projetistas, pois, segundo ele, é uma prática recorrente dos construtores a alteração de projetos e materiais especificados sem consulta prévia aos arquitetos e demais projetistas.

Tabela 7 – Quanto os entrevistados acreditam que os métodos construtivos atuais contribuem para o isolamento acústico entre pisos das unidades habitacionais

	1	2	3	4	5
A01					X
A02	X				
A03			X		
A04		X			

Fonte: Autoria própria

Em uma escala de 1 a 5 foi questionado a eficiência dos métodos construtivos atuais acerca do desempenho acústico nas habitações, para essa questão as respostas foram bastante distintas entre os entrevistados. Aqueles que acreditam que os métodos construtivos atuais contribuem pouco para o isolamento acústico ressaltam que apesar de haver tecnologia capaz de atenuar ruídos de impacto no piso de forma eficiente, essas técnicas são pouco usuais em Juiz de Fora e por esse motivo acreditam que as unidades da cidade possuem menor desempenho acústico. Já aqueles que acreditam que os métodos contribuem para o isolamento acústico dos ruídos de impacto entre pisos, consideram, justamente, a tecnologia existente, que em Juiz de Fora é pouco usada, mas que em outras regiões são uma realidade e agregam qualidade às edificações.

Tabela 8 – Em relação às vedações verticais, quanto os métodos construtivos atuais contribuem para o isolamento acústico das habitações

	1	2	3	4	5
A01				X	
A02		X			
A03				X	
A04					X

Fonte: Autoria própria

Realizando a mesma pergunta anterior, porém em relação ao sistema de vedações verticais, nota-se uma certa uniformidade entre as respostas. A maior parte dos entrevistados crê que os métodos construtivos atuais contribuem para o melhor desempenho acústico das habitações e ainda ressaltam que para esse sistema as

soluções de isolamento acústico são mais baratas e aceitas pelo construtor. O entrevistado A02, acredita que ainda existem problemas de isolamento nesse sistema decorrente do método construtivo e por esse motivo considera que as construções atuais têm problemas com o desempenho acústico.

Tabela 9 – Tipos de ruídos que geram mais reclamações por parte dos usuários

	A01	A02	A03	A04
Ruído de impacto no piso superior	X	X	X	X
Ruído aéreo provindo do ambiente externo		X		X
Ruído aéreo provindo de outros ambientes da mesma unidade				
Ruído aéreo provindo de outras unidades			X	
Ruído aéreo provindo das áreas comuns	X			
Ruído provindo do sistema hidrossanitário		X		

Fonte: Autoria própria

Quanto ao tipo de reclamações realizadas pelos usuários a respeito do isolamento sonoro todos responderam que os ruídos provindos de impactos no piso superior são reclamações recorrentes dos clientes. Já quanto aos demais tipos de ruídos de uma habitação, as respostas foram desformes, sendo que os ruídos provindos de ambientes de uma mesma unidade não foram apontados por nenhum dos entrevistados como reclamações recorrentes dos usuários, enquanto os ruídos provindos do ambiente externo foram apontados por metade dos deles como sendo alvo de reclamações. É importante ressaltar que esse tipo de ruído está fortemente relacionado com a localização e não apenas com os materiais e técnicas especificados. E quanto aos ruídos provindos de outras unidades por propagação pelo meio aéreo, provindos das áreas comuns pelo meio aéreo e ruídos provindos do sistema hidrossanitário foram apontados apenas uma vez e por diferentes entrevistados.

Tabela 10 – Etapa do empreendimento em que os problemas de desempenho acústicos são geralmente, detectados.

	A01	A02	A03	A04
Projeto	X			X
Execução				
No ato da entrega				
Uso		X	X	X
Manutenção		X		X

Fonte: Autoria própria

Referente a etapa do empreendimento em que são diagnosticados problemas com o isolamento acústico, há consenso quanto a fase de uso ser aquela onde os problemas com ruídos são detectados, isso por que, segundo os entrevistados, é nessa etapa que surgem grande parte dos problemas em geral de uma edificação e que os testes existentes para atestar esse tipo de desempenho possuem um alto custo e não há, em Juiz de Fora, laboratórios que os façam. No entanto, dois dos entrevistados responderam que ainda na fase de projeto são detectadas falhas de isolamento acústico. Outro momento apontado pelos entrevistados é a fase de manutenção da edificação, isso por que, segundo eles, com o passar do tempo alguns materiais perdem suas características de isolamento e passam as habitações, depois de determinado prazo, a apresentar problemas de isolamento acústico.

Quanto às soluções técnicas que podem ser adotadas para o isolamento de ruído decorrente do impacto nos pisos, os entrevistados citaram o aumento da espessura das lajes e do contra piso para que essa camada maior de material ofereça resistência à propagação sonora e ainda o uso de pisos de materiais isolantes como o piso vinílico. Outras soluções seriam a colocação de mantas isolantes no contra piso, o rebaixamento do teto com camada protetora de lã de vidro ou rocha no entre forro. Para os sistemas de vedações verticais as soluções apontadas seriam o aumento da espessura das paredes para dificultar a propagação das ondas sonoras além do uso de materiais porosos como o isopor, blocos cheios de areia e as paredes duplas. É importante também atentar-se às esquadrias e sua devida vedação e também para as paredes geminadas que separam unidades umas das outras, esse tipo de parede deve sempre ter reforço para que não ocorram problemas com o desempenho acústico.

Tabela 11 – Quanto às unidades habitacionais das coberturas, são privilegiadas ou prejudicadas

	1	2	3	4	5
A01	X				
A02			X		
A03		X			
A04					X

Fonte: Autoria própria

Tabela 12 – Quanto a insolação na cobertura contribui para o aquecimento dos ambientes internos de uma unidade

	1	2	3	4	5
A01					X
A02					X
A03				X	
A04	X				

Fonte: Autoria própria

Acerca das coberturas dos edifícios, ao serem questionados se essas unidades são privilegiadas ou prejudicadas, grande parte considera que as coberturas são prejudicadas no que diz respeito ao conforto térmico, isso por que a insolação direta no telhado acaba por aquecer os ambientes internos nas habitações, no entanto, os profissionais entrevistados consideram, em geral, que esse é um problema facilmente detectado e ainda na fase de projeto ajustado para melhorar o desempenho dentro dos ambientes. O entrevistado A04 considera que a ventilação nessas unidades influencia mais na temperatura interna do que a própria insolação no telhado e que, por tanto, essas unidades acabam por ser privilegiadas quanto ao conforto térmico.

Tabela 13 – Quanto ensaios realizados em ambientes vazios retratam o conforto térmico do usuário dentro dos ambientes de uma unidade habitacional

	1	2	3	4	5
A01			X		
A02			X		
A03				X	
A04	X				

Fonte: Autoria própria

Quanto aos ensaios de desempenho térmico apontados pela ANBT NBR 15575 em ambientes vazios, assim como entregue pelo construtor, parte dos entrevistados consideram que esse tipo de ensaio retrata parcialmente o que o usuário consideraria como confortável para requisito de desempenho térmico, segundo os entrevistados, há ainda outros fatores a serem agregados aos ambientes para que se chegue a real temperatura que aquele cômodo irá apresentar quando da fase de uso. Um dos entrevistados considera esses fatores de extrema importância para a sensação térmica dos usuários e que em um ambiente vazio não se pode medi-los e por tanto respondeu que esses ensaios pouco retratam a realidade quanto ao desempenho térmico em habitações.

Tabela 14 – Nível de concordância dos entrevistados quanto a análises exclusivamente considerando as zonas bioclimáticas para a criação de requisitos de desempenho térmico

	1	2	3	4	5
A01			X		
A02	X				
A03			X		
A04			X		

Fonte: Autoria própria

Em relação à questão sobre os parâmetros estabelecidos pela NBR 15575 terem sido elaborados a partir da carta bioclimática, a maioria dos entrevistados acreditam que esses são parâmetros válidos e necessários, porém, apenas a carta bioclimática não retrata de forma fiel o conforto dos usuários, uma vez que há outros fatores que influenciam na percepção da temperatura pelo ser humano. Apenas o profissional A02 disse discordar completamente dessa forma de estabelecer parâmetros de desempenho térmico, por acreditar que fatores como idade, sexo e outros são tão ou mais determinantes para o conforto térmico das pessoas.

Tabela 15 – Concordância dos entrevistados acerca da ventilação natural e orientação solar serem determinantes ao conforto térmico dos usuários de uma habitação

	A01	A02	A03	A04
Sim, apenas esses fatores			X	
Sim, mas não apenas esses fatores	X	X		X
Não, outros fatores são mais determinantes				

Fonte: Aatoria própria

Quando perguntados se acreditam que apenas a orientação solar e a ventilação natural são fatores determinantes para o conforto térmico dentro das unidades mais uma vez as respostas apresentam maioria que concorda de que esses são fatores importantes, porém não os únicos. Os entrevistados, em sua grande maioria, apontam que fatores como os materiais de revestimento, mobiliário, idade e sexo dos usuários são também importantes para o conforto térmico da edificação. Somente o entrevistado A03 crê que apenas esses fatores são responsáveis por determinar o desempenho térmico em uma habitação.

Tabela 16 – Etapa do empreendimento em que os problemas de desempenho térmico são geralmente, detectados.

	A01	A02	A03	A04
Projeto	X			X
Execução				
No ato da entrega				
Uso		X	X	X
Manutenção				

Fonte: Aatoria própria

Quanto a etapa do empreendimento em que são detectados os problemas de desempenho térmico de uma edificação três dos quatro profissionais entrevistados disseram que na etapa de uso do edifício são detectados esse tipo de problema, um respondeu que além da fase de uso, durante o projeto também são identificadas

falhas de desempenho térmico e apenas um profissional disse ser na etapa de projeto que se detecta problemas com a temperatura dentro da habitação.

Tabela 17 – Possibilidade de uma mesma unidade, sem uso de mecanismos artificiais, apresentar no verão temperatura interna menor ou igual à temperatura externa e no inverno temperatura interna 3°C maior do que a temperatura externa

	A01	A02	A03	A04
Sim	X	X	X	X
Não				

Fonte: Autoria própria

Quanto aos parâmetros para a temperatura interna dos ambientes de permanência prolongada durante o verão e o inverno, todos os entrevistados concordam que esse é um parâmetro factível e facilmente alcançado com as técnicas atuais de construção.

Tabela 18 – Principais reclamações dos usuários acerca do desempenho térmico de uma unidade habitacional

	A01	A02	A03	A04
Calor devido à falta ou pouca ventilação	X	X	X	
Calor devido a insolação na fachada	X		X	X
Calor devido a insolação na cobertura	X		X	X
Calor devido a orientação solar				
Frio devido ao sombreamento da fachada	X		X	
Frio devido a orientação solar prejudicada	X	X	X	X

Fonte: Autoria própria

Em relação às reclamações registradas acerca do desempenho térmico os entrevistados A01 e A03 responderam que as principais reclamações são devido a calor decorrente da falta ou pouca ventilação, calor devido a insolação na fachada, calor devido a insolação na cobertura, frio devido ao sombreamento da fachada e frio devido

à má orientação solar, enquanto o profissional A02 respondeu que apenas calor devido à falta ou pouca ventilação e frio devido à má orientação solar são alvos de reclamações dos usuários e o entrevistado A04 respondeu que calor devido a insolação na fachada, calor devido a insolação na cobertura e frio devido à má orientação solar são as principais reclamações dos usuários. Nessa questão há consenso quanto a orientação da fachada ser determinante para o resfriamento do interior dos cômodos, porém não ser para o calor dentro dos mesmos. Grande parte dos entrevistados cita também a insolação na cobertura e na fachada como alvo de reclamações devido ao calor dentro do ambiente e o calor devido à falta ou pouca ventilação.

Quanto ao sistema construtivo que melhor atende aos critérios e requisitos de desempenho térmico descritos pela ABNT NBR 15575 os arquitetos entrevistados citaram o Ligth Steel Frame como sistema que melhor se adequa às mais diversas condições de temperatura, isso por que esse sistema oferece amplas possibilidades de fechamentos e de proteção quanto a incidência solar. Quanto às técnicas específicas para isolamento térmico e melhoramento das condições térmicas dentro das unidades habitacionais os entrevistados citaram diversas possibilidades, dentre as de maior relevância estão as fachadas ventiladas, que apesar do alto custo oferece boas condições térmicas ao edifício, paredes dobradas, que também geram alta nos custos mas a espessa cada de alvenaria possibilita maior isolamento, maiores espessura de camada de emboço nas paredes, que assim como as paredes dobradas aumentam a espessura da parede melhorando o isolamento térmico, utilização de bloqueios externos como brises e marquises para sombrear áreas mais críticas e ainda o uso cores claras nas fachadas para que reflitam os raios solares e a parede absorva menos calor, o mesmo é válido para o sistema de cobertura. Quanto a esse sistema os materiais e técnicas empregadas pelos arquitetos entrevistados para melhoramento do desempenho térmico é a utilização de telhas metálicas reflexivas e alguns citam ainda as telhas tipo sanduiche que possuem propriedades específicas para o melhor desempenho térmico desse sistema.

5.1 Considerações sobre o método

Para este estudo o método de entrevista adotado contribuiu de forma positiva para as respostas dos entrevistados, uma vez que o assunto abordado é novo e ainda pouco conhecido. A possibilidade de dialogar e tirar dúvidas durante a própria entrevista fez

com que os profissionais compreendessem melhor o que de fato se refere a norma de desempenho e muitas vezes o desconhecimento sobre o assunto gerou bloqueio durante as respostas.

A principal dúvida quanto às perguntas se deu pelo fato de que as responsabilidades sobre o projeto e o produto entregue ao usuário nem sempre cabem às mesmas pessoas e por isso, ao serem perguntados sobre os métodos construtivos existentes surgiam indagações sobre responder o que é executado ou o que é especificado pelo projetista. E conforme explicado, o objetivo da pesquisa foi buscar informações a nível de projeto e das incumbências dos projetistas e, por tanto, os esclarecimentos tendiam sempre para que as respostas atendessem a esse objetivo.

CONCLUSÃO

A partir das respostas obtidas através das entrevistas nota-se que os profissionais entrevistados possuem ainda pouco conhecimento sobre a NBR 15575, uma vez que, muitas vezes os mesmos, ainda que respondessem que conheciam a norma, necessitavam de esclarecimentos sobre as questões e o que realmente se trata na norma. Esse desconhecimento, por vezes, torna a aplicação da NBR 15575 malvista ou tida como pouco vantajosa ao projetista. Nota-se claramente isso quando perguntados sobre se acreditam que a norma agrega maior qualidade aos projetos arquitetônicos, onde, os profissionais que disseram ter menor conhecimento da norma também responderam desacreditados de que a norma agregue maior qualidade aos projetos.

Quanto ao desempenho acústico há um cenário promissor para a aplicação da NBR 15575 e o atendimento de seus critérios e parâmetros. Conforme as respostas dos entrevistados, há, hoje em dia, tecnologia e materiais capazes de atenuar e até mesmo extinguir os ruídos provindos de outras unidades ou do meio externo. No entanto, o principal fator citado por eles, para que isso não seja visto em obras na cidade de Juiz de Fora é o alto custo desses materiais, que inviabiliza sua utilização. Nota-se ainda, sobre os ruídos nas habitações, que o principal problema enfrentado hoje em dia pelos projetistas são os ruídos de impacto nos pisos das unidades, enquanto os ruídos aéreos, apesar de serem alvos de reclamações, são mais facilmente atenuados.

Vale ressaltar que uma reclamação recorrente dos projetistas é a alteração de projeto e de materiais por eles especificados durante a execução da obra que, muitas vezes, por serem de baixo custo diminuem a qualidade do edifício construído. Essa prática tende a ser extinta conforme ocorra a adesão às especificações da NBR 15575, pois ao elencar as responsabilidades de cada uma das partes a norma faz com que as alterações de projeto sem aviso prévio ao projetista sejam de responsabilidade do construtor e assim, ao trocar materiais especificados em projeto por outros de menor custo e baixa qualidade, faz com que as reclamações decorrentes dessa troca não recaiam sobre quem projetou e sim sobre os responsáveis pela substituição indevida.

Quanto aos materiais e técnicas empregadas há que se ressaltar o aumento de espessura tanto para o sistema de piso, quanto para o sistema de vedações, como uma solução viável e fácil de ser executada. O aumento do contra piso, da laje e da camada

de chapisco, emboço e reboco são técnicas que auxiliam bastante no isolamento dos ruídos. Há ainda outras formas de atenuá-los que possuem um maior custo, porém oferecem maior eficiência, como as mantas anti impacto, para o caso dos ruídos de impacto nos pisos, que são os principais problemas relatados pelos usuários conforme visto nas entrevistas, rebaixamento do teto e uso de lã de vidro ou rocha no entre forro, as paredes duplas, entre outros.

Sobre o desempenho térmico, trata-se de um tema muito estudado pelos arquitetos e que gera bastante preocupação por ser um fator importante aos usuários, seus clientes neste caso. No entanto, em relação à norma de desempenho este é um assunto polêmico e que gera discussões quanto a forma de elaboração da mesma. Os profissionais entrevistados, em geral, acreditam que a norma é um bom começo para melhorar o desempenho térmico, mas que ainda deve passar por revisão criteriosa acerca das influências determinantes para a temperatura dentro dos ambientes de uma habitação.

Há que se ter cuidado com os sistemas de cobertura e vedações verticais quando se trata de conforto térmico, pois são esses elementos que recebem insolação e que são os responsáveis por transmitir ao interior o calor externo ao edifício. Entretanto, o sistema de cobertura gera pouca preocupação aos arquitetos entrevistados, pois os mesmos acreditam que a propagação do calor devido a insolação na cobertura é facilmente amenizada com técnicas baratas e usuais. O mesmo não se pode dizer das fachadas, que apesar de haver inúmeras soluções para evitar o aquecimento devido a insolação nas mesmas, estas ainda são pouco usadas devido ao alto custo que inviabiliza sua execução. Porém, é importante dizer que soluções simples de projeto podem ser de grande auxílio para o melhoramento do conforto térmico, como o estudo da orientação solar, através da carta solar e a proteção da fachada com elementos tipo brise.

O estudo acerca dos parâmetros, critérios e requisitos estabelecidos pela NBR 15575 quanto ao desempenho térmico e acústico, bem como a busca por informações sobre a aplicação desses critérios em projetos de arquitetura junto aos profissionais atuantes em Juiz de Fora subsidia a segunda etapa dessa pesquisa, que consistirá em planejar e projetar um edifício residencial de acordo com as novas regras estabelecidas pela

norma de desempenho, considerando o cenário de Juiz de Fora, quanto ao clima, legislação, vida urbana entre outros aspectos da cidade.

Ao longo do desenvolvimento deste estudo outras questões surgiram acerca deste tema e que podem vir a se tornar tema de pesquisas futuras, como a sustentabilidade e a NBR 15575; estudos quanto a elaboração de manuais do usuário e as incumbências dos arquitetos na criação deste documento; as relações entre os materiais especificados e a vida útil da edificação; análise crítica quanto aos critérios de desempenho térmico, entre outros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575.1: Edificações habitacionais - Desempenho – Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575.2: Requisitos para sistemas estruturais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575.3: Requisitos para sistemas de piso**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575.4: Requisitos para sistemas de vedações verticais internas e externas**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575.5: Requisitos para sistemas de cobertura**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575.6: Requisitos para sistemas hidrossanitários**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2004.

BORGES, Carlos A. de Moraes; **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

CARLO, Joyce C. **Desempenho térmico de edificações**. LABEE, Universidade Federal de Santa Catarina CTC - Departamento De Engenharia Civil. - 3. ed – Florianópolis, 2005.

CBIC CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de Edificações Habitacionais – Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013**. Brasília, 2013.

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

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda, 1910 – 1989 – **Miniaurélio Século XXI: O minidicionário da língua portuguesa / Aurélio Buarque de Holanda Ferreira**; . 4. ed. ver. ampliada. – Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2000. 790 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008

JUIZ DE FORA. Câmara de Vereadores. **Lei nº 6909, Uso e Ocupação do solo**, Juiz de Fora. MG.1986.

LORENZI, L. S. **Análise Crítica e Proposições de Avanços nas Metodologias de Ensaio Experimentais de Desempenho à Luz da ABNT NBR 15575 (2013) para Edificações Habitacionais de interesse Social Térreas.** 2013. 245f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados** - 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

MITIDIÉRI F^o, C.V.; HELENE, P.R.L. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações. Proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1998.

PIERRARD, Juan Frias; AKKERMAN, Davi. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho.** Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. São Paulo, 2015. Disponível em <<http://www.proacustica.org.br/publicacoes/manuais-tecnicos-sobre-acustica/manual-proacustica-sobre-a-norma-de-desempenho.html>>, acesso em 19 de Junho de 2017.

RAICHEL, D. R. **The Science and Application of Acoustics**, 2^a ed. Nova Iorque, 2000.

SANTOS, Flávia Maria Ávila dos. **Impactos da Aplicação da ABNT NBR 15.575/2013 nas Empresas de Edificações.** 2017. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

SILVA, A. S.; GHISI, E. **Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 213-230, jan./mar. 2014.

SILVA, A. S.; SORGATO, M. J.; MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; GHISI, E. **Incerteza do método de simulação da NBR 15575-1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2014.

SOUZA, H. A.; AMPARO, L. R.; GOMES, A. P. **Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel framing.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 113-128, out./dez. 2011.

OLIVEIRA, Luciana Alves; MITIDIÉRI FILHO, Claudio Vicente. **O projeto de edifícios habitacionais considerando a norma brasileira de desempenho: análise aplicada para as vedações verticais.** Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 7, n. 1, p. 90-100, maio. 2012.

**Apêndice I – Roteiro de entrevista aplicado a arquitetos atuantes em Juiz de Fora
-MG**

A NORMA BRASILEIRA DE DESEMPENHO APLICADA À EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS – DESEMPENHO ACÚSTICO

Entrevista com arquitetos e urbanistas

ENTREVISTA – _____

01. Formação:

02. Profissão:

03. Tempo de Atuação na área:

04. Possui conhecimento sobre a norma brasileira de desempenho, NBR 15.575?

Nenhum Conhecimento	1	2	3	4	5	Total conhecimento
----------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	---------------------------

05. Em uma escala de 1 a 3 responda. Há interesse em sua aplicação?

Nenhum Interesse	1	2	3	Muito Interesse
-------------------------	----------	----------	----------	------------------------

06. Acredita que a norma atribui qualidade aos projetos de arquitetura?

Não atribui	1	2	3	Atribui Muito
--------------------	----------	----------	----------	----------------------

07. Quanto ao desempenho acústico de pisos, em uma escala que varia de 1 à 5, quanto acredita que os métodos construtivos atuais contribuem para o isolamento acústico das unidades habitacionais em edifícios de múltiplos pavimentos?

Contribuem pouco	1	2	3	4	5	Contribuem muito
-------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------------------

08. Quanto ao desempenho acústico das vedações verticais, em uma escala de 1 à 5, quanto os métodos construtivos atuais contribuem para o isolamento acústico das unidades habitacionais em edifícios de múltiplos pavimentos?

Contribuem pouco	1	2	3	4	5	Contribuem muito
-------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------------------

09. Quais ruídos geram mais reclamações dos usuários acerca do desempenho acústico?

- Ruído de impacto no piso superior
- Ruído aéreo provindo do ambiente externo
- Ruído aéreo provindo de outros ambientes da mesma unidade
- Ruído aéreo provindo de outras unidades
- Ruído aéreo provindo das áreas comuns
- Ruído provindo do sistema hidrossanitário

10. Geralmente, os problemas de desempenho acústico são identificados em qual fase do empreendimento (entende-se por empreendimentos todas as fases de elaboração, execução, uso e manutenção do imóvel)?

- Projeto
- Execução
- No ato da Entrega
- Uso
- Manutenção

11. Quais as principais medidas são tomadas, na fase de projeto, para evitar problemas de isolamento acústico entre pisos?

12. Quais as principais medidas tomadas para evitar problemas de isolamento acústico entre paredes internas (divisão entre cômodos, divisão entre cômodo e área comum do edifício) e paredes externas (fachada e ruídos provenientes do ambiente externo ao edifício)?

13. Considerando os métodos construtivos usuais atualmente, em uma escala de 1 a 5, quanto as unidades dos últimos pavimentos são privilegiadas ou prejudicadas em relação ao desempenho térmico?

Muito prejudicadas	1	2	3	4	5	Muito privilegiadas
---------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------------------

14. Em uma escala de 1 a 5, quanto a insolação na cobertura é um fator que contribui para o aquecimento dos ambientes internos?

Contribuem pouco	1	2	3	4	5	Contribuem muito
-------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------------------

15. Em uma escala de 1 a 5, quanto às simulações e ensaios realizados em ambientes vazios, assim como entregue pelo construtor, retratam de forma fidedigna o conforto térmico ao usuário desses ambientes?

Não retratam	1	2	3	4	5	Retratam Muito bem
---------------------	----------	----------	----------	----------	----------	---------------------------

16. Concorde que uma análise a partir zonas bioclimáticas são suficientes para criar critérios de desempenho térmico que atendam ao conforto dos usuários de uma residência?

Descordo inteiramente	1	2	3	4	5	Concordo Inteiramente
------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	------------------------------

17. Quanto ao conforto térmico no interior dos ambientes de permanência prolongada (quartos e sala de estar), acredita que a ventilação natural e a orientação solar são o que determina o conforto dos usuários?

- Sim, apenas estes fatores
- Sim, mas não apenas estes fatores
- Não, outros fatores são mais determinantes.

18. Geralmente, os problemas de desempenho térmico são identificados em qual fase do empreendimento (entende-se por empreendimentos todas as fases de elaboração, execução, uso e manutenção do imóvel)?

- Projeto
- Execução
- No ato da Entrega
- Uso
- Manutenção

19. É possível sem uso de mecanismos artificiais, uma mesma unidade apresentar no inverno, temperatura interna 3° C maior do que a temperatura externa e no verão apresentar temperatura interna menor ou igual à temperatura externa?

- Sim
- Não

20. Quais os principais fatores geram reclamações dos usuários acerca do desempenho térmico?

- Calor devido a falta ou pouca ventilação
- Calor devido a insolação na fachada
- Calor devido a insolação na cobertura
- Calor devido a orientação solar
- Frio devido ao sombreamento da fachada
- Frio devido a orientação solar prejudicada
- Outro. Qual? _____

21. Considerando os métodos construtivos usuais atualmente, qual deles acredita ser o que melhor atenda aos critérios de desempenho térmico descritos pela norma?

22. Quais as soluções mais adotadas para amenizar a transmissão de calor dos diversos sistemas que compõem o edifício para os ambientes internos das unidades habitacionais?
