

IMPACTO NOS CUSTOS DE COMPOSIÇÃO DE PAREDES ESTRUTURAIS PARA ADEQUAÇÃO AOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHOS TÉRMICO E ACÚSTICO DA NORMA ABNT NBR 15575:2013

IMPACT ON THE COMPOSITION COSTS OF STRUCTURAL WALLS FOR ADEQUACY TO THE THERMAL AND ACOUSTIC PERFORMANCE CRITERIA OF CODE ABNT NBR 15575:2013

Liége Garlet¹, Roberta Mulazzani Doleys Soares², Raiana Spat Ruviaro³, Jenifer Godoy⁴, Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos⁵

^{1,2}Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus Santo Ângelo, RS, Brasil.

¹Mestre em Engenharia Civil. E-mail: liegeg9@gmail.com

²Mestre em Engenharia Civil. E-mail: roberta.doleys@gmail.com

^{3,4,5}Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

³Arquiteta e Urbanista. E-mail: raianaruviaroarq@gmail.com

⁴Arquiteta e Urbanista. E-mail: jegodoy.arq@gmail.com

⁵Doutor em Engenharia Civil. E-mail: joaquimpizzutti@hotmail.com.

RESUMO

A norma de Desempenho de Edificações (ABNT NBR 15575:2013), concebida como referência para a especificação de desempenho e avaliação das construções, introduziu conceitos normalmente não valorizados na maioria dos projetos, como o conforto térmico e acústico e a segurança contra incêndios, preocupando os envolvidos quanto ao impacto do custo potencial trazido. Esta pesquisa levantou os componentes construtivos de paredes estruturais, que atingem o desempenho nos parâmetros térmico e acústico e a sua relação de aplicabilidade aliada ao custo benefício, para edificações de baixo a médio padrões, localizadas na Zona Bioclimática Brasileira 2, com referência aos valores de mercado da cidade de Santa Maria, RS e as tipologias mais utilizados na região. O trabalho abordou a caracterização dos elementos levantados, sua avaliação conforme o método simplificado e o método de precisão realizado de acordo com a norma ABNT NBR 15575:2013 e a relação custo benefício dos materiais. Na composição de paredes estudadas constatou-se que apenas os blocos cerâmicos de 14x19x29 cm e 19x19x29 cm, ambos com argamassas externa e interna de 3,0 cm, atenderam ao desempenho térmico e a maior parte dos ensaios de acústica. A opção mais econômica foi a parede composta por bloco cerâmico 14x19x29 cm com argamassa externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm, porém, não atende aos desempenhos avaliados por este trabalho, verificando que o problema se encontra na proporção do revestimento utilizado. Assim, considerando os desempenhos térmico, acústico e custos, a parede mais vantajosa foi a de bloco cerâmico de 14x19x29 cm com argamassa de 3,0 cm em ambos os lados, pois atende ambos os desempenhos e possui custo abaixo do valor médio das demais composições de paredes pesquisadas.

Palavras-chave: desempenho térmico, desempenho acústico, paredes estruturais, custos.

ABSTRACT

The Building Performance Standard (ABNT NBR 15575:2013), reference for the performance specification and construction evaluation, introduced concepts, usually not valued in most projects, such as thermal acoustic and comfort and the fire safety, concerned about the impact of the potential cost brought. This research raised the constructive components of structural walls, which reach the performance in the thermal and acoustic parameters and their relation of applicability together with the cost benefit, for buildings of low to medium standard, located in the Brazilian Bioclimatic Zone 2, with reference to the market values of the city Santa Maria, RS and the typologies most used in the region. The work dealt with the characterization of the collected elements, their evaluation according to the procedures of Code NBR 15575:2013 by simplified method and precision method performed in the laboratory and the cost-benefit ratio. In the wall composition studied, it was verified that only the ceramic blocks of 14x19x29 cm and 19x19x29 cm, both with external and internal mortar of 3.0 cm, met the thermal performance and most of the acoustic tests. The most economical option is the wall composed by a ceramic block 14x19x29 cm with external mortar of 2.5 cm and internal mortar of 1.0 cm, but does not meet the performances evaluated by this work, verifying that the problem is in the proportion of the coating used. Thus, considering thermal, acoustic and cost performance, the most advantageous wall is that of a ceramic block of 14x19x29 cm with mortar of 3.0 cm on both sides, as it meets both performances and has an average cost in relation to the other wall compositions.

Keywords: Thermal performance, acoustic performance, structural walls, costs.

1 – INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

publicou, em fevereiro de 2013, para entrar em vigor em julho do mesmo ano, a norma ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho, que tem por

objetivo elencar parâmetros para desempenho de edificações e fornecer aos usuários garantia na qualidade das edificações, a partir de definições de requisitos mínimos a serem atendidos, tornando-os obrigatórios.

Neste caso, os profissionais da construção civil têm o dever de apoiar-se em normas de regulamentação técnica a fim de desenvolver edificações que proporcionem conforto ao usuário. A qualidade no ambiente construído é obtida mediante decisões que partem desde a concepção projetual, a partir da definição do programa de necessidades, análise do local, forma, determinação dos materiais, e durante a vida útil dos elementos principais, como estrutura, vedações, pisos, fachada, cobertura instalações elétricas e hidrossanitárias.

A norma ABNT NBR 15575:2013 (ABNT NBR 15575-1:2013; ABNT NBR 15575-2:2013; ABNT NBR 15575-3:2013; ABNT NBR 15575-4:2013; ABNT NBR 15575-5:2013; ABNT NBR 15575-6:2013), dividida em seis partes, contempla os sistemas presentes em uma edificação e elenca requisitos, critérios e métodos de avaliação. No que tange a parâmetros técnicos, atribui responsabilidades para todos os envolvidos na obra: construtores, incorporadores, projetistas, fabricantes de materiais, administradores condominiais e os próprios usuários.

Outro fator relevante no cenário atual é o grande déficit habitacional no Brasil, em que o desafio é a elaboração de residências populares com melhores condições de conforto e que atendam as normas de desempenho. Destacam-se os requisitos de conforto térmico e acústico, muitas vezes desconsiderados, principalmente neste padrão de habitação.

O desempenho térmico pode ser entendido como o “resultado” das relações do envelope da edificação com o meio externo. Deste modo, a definição de materiais adequados na edificação é primordial para o alcance das condições de habitabilidade no edifício (DANTAS; BARBIRATO, 2015).

Neste contexto, o desempenho térmico satisfatório repercute no conforto do usuário, promove condições adequadas para a realização das atividades diárias, além de redução no consumo de energia. Esses fatores associam-se às características do local da obra (topografia, temperatura e umidade do ar e direção do vento) e da edificação (materiais constituintes, números de pavimentos, dimensões dos cômodos, pé direito e orientação das fachadas). A sensação de conforto térmico varia muito com as condições de ventilação dos ambientes, com grande influência do posicionamento e dimensões das aberturas de janelas (CBIC Mais, 2017).

Dessa forma, a norma ABNT NBR 15575:2013 trata de um instrumento que atenta, mediante seus requisitos, para o conforto dos usuários, condição por vezes negligenciada pelo baixo desempenho térmico da edificação, sendo necessário o uso excessivo da climatização artificial.

A referida norma estabelece três procedimentos para avaliar o desempenho térmico: o método simplificado, o método de simulação e o método de medição. O método simplificado compreende a avaliação da envoltória da

edificação com base em requisitos vinculados às propriedades térmicas. O não atendimento às especificações permite a aplicação do método de simulação ou o método de medição. Para o processo de simulação utiliza-se um programa computacional e analisam-se temperaturas externas e internas a partir de parâmetros apresentados na norma. Já para o método de medição os requisitos são constatados a partir de medições realizadas na edificação ou em um protótipo construído (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013).

Quanto ao desempenho acústico, a norma ABNT NBR 15575:2013 relata sobre o isolamento acústico adequado nos fechamentos externos, contendo critérios e requisitos que permitem verificar se a edificação apresenta condições mínimas de conforto acústico. Os níveis, em ambos os desempenhos, denominam-se como Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S).

De acordo com Barry (2008), a edificação deve proporcionar conforto e privacidade acústica equivalente à finalidade do ambiente, principalmente se este envolve repouso ou trabalho intelectual. Para Ferreira Neto e Bertoli (2010), o incômodo e desconforto refletem na necessidade de haver um bom isolamento acústico entre unidades residenciais e entre ambientes internos da mesma unidade residencial. Não é relevante para o usuário, prioritariamente, a quantidade ou o tipo de isolamento, mas sim a sua eficácia no controle do ruído (BARRY, 2005).

Em paralelo aos desempenhos térmicos e acústicos, quando se trata dos fechamentos opacos externos, a utilização da alvenaria estrutural é a preferência das construtoras para médio e baixo padrão construtivo. Esta escolha se deve a economia e otimização de tarefas na obra, por meio de técnicas executivas simplificadas e facilidade de controle nas etapas de produção, eliminando interferências e gerando redução do desperdício de materiais produzido pelo constante retrabalho, além deste sistema construtivo conseguir proporcionar uma flexibilidade no planejamento de execução das obras. Há uma cultura pela construção em blocos cerâmicos estruturais na região sul do Brasil, diferentemente do restante do país, que opta pelos blocos de concreto. Para ambas, é necessário que se avalie suas vantagens e desvantagens.

Em relação aos custos para os sistemas de alvenaria estrutural, Silva *et al.* (2004) demonstra em seu trabalho que o consumo de homem-hora (Hh) por metro quadrado, para alvenaria em bloco cerâmico, é de 0,815 enquanto que para paredes em blocos de concreto é de 0,665, considerando o valor médio para a mão-de obra da categoria em ambas as tipologias. Porém, no custo global da obra, a alvenaria estrutural em blocos cerâmicos possui menor custo.

Já para Poyastro (2008), em um estudo realizado na cidade de Porto Alegre, RS, o emprego dos blocos cerâmicos na alvenaria estrutural é mais vantajoso que o de blocos de concreto em custo e produtividade.

Consequentemente, é notório que a aplicação da norma de desempenho ocasionou forte impacto na construção civil de modo geral, principalmente no orçamento das obras, pois delimitou parâmetros que

elevaram os custos de todas as construções do país. Diante dos fatos, “avaliar o desempenho dos sistemas construtivos é um avanço para o setor e constitui o caminho para a evolução de todos que compõem a cadeia da construção civil” (CBIC, 2013, p. 10). Nesse sentido, este trabalho avaliou o impacto nos custos das composições de paredes estruturais e o atendimento de seu desempenho térmico e acústico para a cidade de Santa Maria, RS.

2 – OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto nos custos das composições de paredes estruturais em habitações multifamiliares de baixa e média renda, que possam atender aos parâmetros de desempenho térmico e acústico da norma ABNT NBR 15575:2013, para aplicabilidade em construções na cidade de Santa Maria, RS.

3 – MÉTODO

A metodologia aborda a caracterização dos elementos utilizados como objeto de estudo e sua avaliação conforme os procedimentos do método simplificado da norma ABNT NBR 15.575-1:2013 e método de precisão realizado em laboratório da norma ABNT NBR 15575-4:2013 para a análise de desempenho térmico e acústico, respectivamente, e, por fim, a relação custo benefício dessas composições.

3.1 Caracterização das composições de paredes

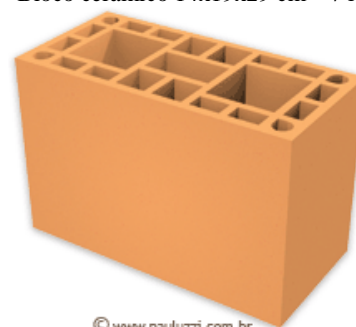
Como objeto de estudo elegeram-se as tipologias de paredes estruturais comumente utilizadas em habitações multifamiliares de baixo padrão na cidade de Santa Maria, RS.

Foram utilizadas 4 composições:

- CE 1: parede estrutural formada por bloco cerâmico 14x19x29 – 7 MPa, conforme a Figura 1, executada com argamassa de assentamento estrutural 4 MPa e com densidade do conjunto (parede + argamassa) de 262 kg/m². A parede foi ensaiada com revestimento de argamassa com espessura de 3 cm em ambas as faces.

- CE 2: parede estrutural formada por bloco cerâmico 14x19x29 – 7 MPa, mostrada na Figura 1, assentada com argamassa de assentamento estrutural 4 MPa e com densidade do conjunto (parede + argamassa) de 181 kg/m². A parede foi ensaiada com revestimento de argamassa de reboco grosso na parte externa com espessura (com chapisco) de 2,5 cm e com revestimento de argamassa de reboco médio na parte interna com espessura de 1,0 cm.

Figura 1 – Bloco cerâmico 14x19x29 cm – 7 MPa



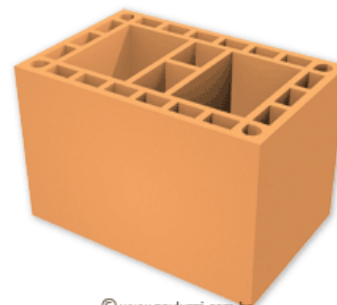
© www.pauluzzi.com.br

Fonte: Pauluzzi Blocos Cerâmicos, 2017.

- CE 3: parede estrutural formada por bloco cerâmico 19x19x29 – 7 MPa (Figura 2), executada com argamassa de assentamento estrutural 4 MPa e com densidade do conjunto (parede + reboco) de 283 kg/m². A parede foi ensaiada com revestimento de argamassa com espessura de 3 cm em ambas as faces.

- CE 4: parede estrutural formada por bloco cerâmico 19x19x29 – 7 MPa, exposta na Figura 2, executada com argamassa de assentamento estrutural 4 MPa e com densidade do conjunto (parede + argamassa) de 196 kg/m². A parede foi ensaiada com revestimento de argamassa de reboco grosso na parte externa com espessura (com chapisco) de 2,5 cm e com revestimento de argamassa de reboco médio na parte interna com espessura de 1,0 cm.

Figura 2 – Bloco cerâmico 19x19x29 cm – 7 MPa



© www.pauluzzi.com.br

Fonte: Pauluzzi Blocos Cerâmicos, 2017.

- CO 5: parede estrutural formada por bloco de concreto 14x19x29 – 4 MPa, mostrado na Figura 3, assentado com argamassa estrutural de 5 MPa e com densidade do conjunto (parede + reboco) de 250 kg/m². A parede foi ensaiada com revestimento de argamassa de reboco grosso em ambos os lados, com espessuras interna e externa de 2,5 cm.

- CO 6: parede estrutural formada por bloco de concreto 14x19x29 – 4 MPa, mostrado na Figura 3, assentado com argamassa estrutural de 5 MPa e com densidade do conjunto (parede + reboco) de 177 kg/m². A parede foi ensaiada com revestimento de argamassa de reboco grosso em ambos os lados, com espessuras interna e externa de 1,5 cm.

Figura 3 – Bloco de concreto 14x19x29 cm – 4 MPa



Fonte: Tecmold, 2017.

Para os cálculos de transmitância e capacidade térmica, foram consideradas as propriedades térmicas conforme a Tabela 1.

Tabela 1– Características dos materiais utilizados para os cálculos

Material	Condutividade térmica [W/m·K]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [J/kg·K]
Tijolo cerâmico estrutural	0,90	1.600	920
Tijolo de concreto estrutural	1,75	2.400	1.000
Argamassa = reboco	1,15	2.000	1.000

3.2 Desempenho térmico acústico de paredes segundo os critérios da norma ABNT NBR 15575:2013

As normas ABNT NBR 15575-1:2013 ABNT NBR 15.575-4:2013 especificam os procedimentos que devem ser utilizados para avaliação do desempenho térmico e acústico de paredes em diferentes métodos. Neste trabalho foram utilizados o método simplificado da norma para analisar o desempenho térmico e o método de precisão realizado em laboratório para verificação do desempenho acústico.

3.2.1 Desempenho térmico de paredes pelo método simplificado da norma ABNT NBR 15575:2013

Pelo método simplificado da norma ABNT NBR 15575-1:2013, as paredes externas precisam apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem desempenho mínimo para a sua respectiva zona bioclimática. No caso de Santa Maria, que está localizada na Zona Bioclimática Brasileira 2 (ZB2), estabelecida pela norma ABNT NBR 15220-3:2005, as paredes externas das habitações construídas nessa zona deverão apresentar transmitância térmica menor ou igual a 2,5 W/m²·K e capacidade térmica maior ou igual a 130 kJ/m²·K para alcançar o desempenho mínimo. O método de avaliação simplificado especifica que sejam feitos cálculos de transmitância e capacidade térmica por meio dos procedimentos da norma NBR 15.220-2:2005.

3.2.2 Desempenho acústico de paredes pelo método de precisão realizado em laboratório da norma NBR 15575:2013

A norma ABNT NBR 15575-4:2013 apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre os meios externo e interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns. O método de precisão realizado em laboratório determina o isolamento sonoro de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para projetos. O método de ensaio é descrito na norma ISO 10140-2:2010. Para avaliar um projeto com diversos elementos (parede com janela, parede com porta etc.), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto. Também, segundo a norma ABNT NBR 15575-4:2013, para avaliar um projeto com diversos elementos, é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Na Tabela 2 são apresentados valores de referência, considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos utilizados para sistemas de vedação entre ambientes.

Tabela 2 – Índice de Redução Sonora ponderado, R_w , de componentes construtivos utilizados nas vedações

Elemento	R_w dB ³	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações, nos ambientes onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias nos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	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	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i>	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

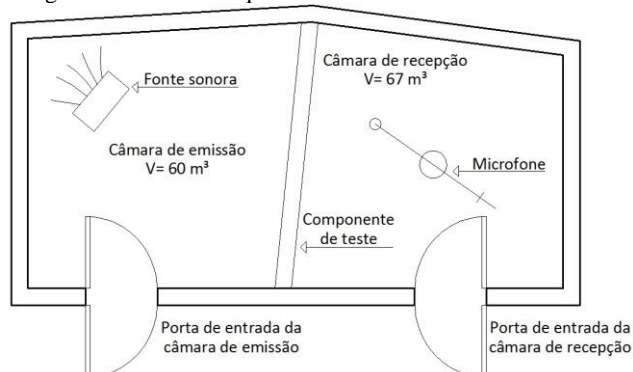
Fonte: Adaptado de norma ABNT NBR 15575-4:2013.

A norma ABNT NBR 15575-4:2013 considera que os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,W}$ e $D_{2m,nT,W}$) tipicamente são inferiores aos

obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre os resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (que deve ser verificada na ISO 12354-2:2017). Os valores de R_w são aproximados.

Os ensaios acústicos desenvolvidos para este trabalho, foram realizados em câmara de ruído acústico do Laboratório de Acústica, integrante do Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, RS, conforme Figura 4.

Figura 4 – Desenho esquemático da câmara de ruído acústico



3.3 Orçamento das composições de paredes analisadas

Para avaliar o impacto nos custos das composições das paredes estruturais, formadas por diferentes composições, foi elaborado um orçamento com valores levantados na cidade de Santa Maria, RS. O orçamento baseou-se no metro quadrado para a construção de cada conjunto, adotando a média dos valores em três estabelecimentos comerciais de referência para o preço dos materiais utilizados, e considerando os serviços de um pedreiro e um servente trabalhando por hora, de acordo com os valores do SINTRACON/SM (Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Santa Maria, RS), para a mão de obra.

Tabela 3 – Resultados dos cálculos de desempenho térmico para cada parede

Parede (material construtivo)	Resistência térmica ($m^2 \cdot k/W$)	Transmitância térmica (W/m^2)	Capacidade térmica ($kJ/m^2 \cdot k$)	ABNT NBR 15575-1:2013
Bloco cerâmico 14x19x29 cm – argamassas externa e interna de 3,0 cm (CE 1)	0,5354	1,87	214,29	Atende
Bloco cerâmico 14x19x29 cm – argamassas externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm (CE 2)	0,5165	1,97	160,55	Não atende
Bloco cerâmico 19x19x29 cm – argamassas externa e interna de 3,0 cm (CE 3)	0,5052	1,98	227,97	Atende
Bloco cerâmico 19x19x29 cm – argamassas externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm (CE 4)	0,5135	1,94	193,18	Não atende
Bloco concreto 14x19x29 cm – argamassas externa e interna de 2,5 cm (CO 5)	0,3734	2,68	221,36	Não atende
Bloco concreto 14x19x29 cm – argamassas externa e interna de 1,5 cm (CO 6)	0,3545	2,82	178,57	Não atende

4.2 Desempenho acústico

Para determinar o desempenho acústico de cada parede, utilizou-se o método de ensaio descrito na norma ISO 10140-2:2010, ensaiados cada elemento, para depois alcançar o isolamento global do conjunto, como

4 – RESULTADOS

Os resultados são apresentados em subseções de acordo com as análises de desempenho térmico, desempenho acústico e orçamento.

4.1 Desempenho térmico

Para análise do desempenho térmico das paredes, utilizou-se o método simplificado da ABNT NBR 15575-1:2013, o qual considera as diferentes composições das mesmas. Foram calculadas a resistência, transmitância e capacidade térmicas de cada parede por meio dos procedimentos da norma ABNT NBR 15220-2:2005, com resultados expostos na Tabela 3.

Conforme visto, para a cidade de Santa Maria, RS, as paredes externas das habitações construídas deverão apresentar transmitância térmica menor ou igual a $2,5 W/m^2 \cdot K$ e capacidade térmica maior ou igual a $130 kJ/m^2 \cdot K$ para alcançar o desempenho mínimo. Dessa forma, observa-se que, quanto à transmitância térmica, as quatro paredes de bloco cerâmico analisadas atingiram o desempenho mínimo e atendem o critério da norma. Já as duas paredes em bloco de concreto possuem o valor da transmitância térmica superior a $2,5 W/m^2 \cdot K$, não alcançando o desempenho mínimo. Quanto à capacidade térmica das paredes, as duas paredes de bloco cerâmico e as duas paredes de bloco de concreto atingiram o critério da norma. As paredes de bloco cerâmico $14 \times 19 \times 29$ cm e $19 \times 19 \times 29$ cm com argamassa externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm não alcançaram o valor mínimo estipulado.

Considerados os dois critérios simultaneamente, tem-se que, das seis paredes analisadas, somente duas estão de acordo com o método simplificado da norma ABNT NBR 15575-1:2013: parede de bloco cerâmico $14 \times 19 \times 29$ cm com argamassas externa e interna de 3,0 cm, parede de bloco cerâmico $19 \times 19 \times 29$ cm com argamassas externa e interna de 3,0 cm.

recomenda a norma ABNT NBR 15575-4:2013. Para este trabalho, os ensaios dos blocos cerâmicos e do bloco de concreto $14 \times 19 \times 29$ cm com revestimento em argamassas externa e interna de 2,5 cm foram realizados no Laboratório de Acústica da UFSM. O ensaio do bloco de concreto $14 \times 19 \times 29$ cm com revestimento em argamassa de

1,5 cm em ambas as faces foi baseado nos resultados de medições do Instituto Tecnológico ITT Performance da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS (UNISINOS, 2016).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos níveis de desempenho de cada parede (com código correspondente) de forma comparativa, classificados por meio do índice de redução sonora ponderado, que considera os componentes construtivos utilizados nas

vedações entre os espaços.

Por meio dos resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que apenas o critério (4) – parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos – é atendido por todas as paredes analisadas, com nível de desempenho mínimo de R_w . Para os demais critérios é necessário que se avalie a composição ideal.

Tabela 4 – Nível de desempenho dos componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes

Elemento	Valor necessário	Parede	Valor obtido	Nível de desempenho
(1) Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	CE 1	45	M
	45 a 49	CE 2	41	Não atende
	45 a 49	CE 3	45	M
	45 a 49	CE 4	41	Não atende
	50 a 54	CO 5	50	I
	45 a 49	CO 6	44	Não atende
(2) Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	CE 1	45	Não atende
	50 a 54	CE 2	41	Não atende
	50 a 54	CE 3	45	Não atende
	50 a 54	CE 4	41	Não atende
	50 a 54	CO 5	50	I
	50 a 54	CO 6	44	Não atende
(3) Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49	CE 1	45	M
	45 a 49	CE 2	41	Não atende
	45 a 49	CE 3	45	M
	45 a 49	CE 4	41	Não atende
	50 a 54	CO 5	50	I
	45 a 49	CO 6	44	Não atende
(4) Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	≥ 45	CE 1	45	S
	40 a 44	CE 2	41	I
	≥ 45	CE 3	45	S
	40 a 44	CE 4	41	I
	≥ 45	CO 5	50	S
	40 a 44	CO 6	44	I
(5) Parede cega entre unidades habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e estírios coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	CE 1	45	Não atende
	50 a 54	CE 2	41	Não atende
	50 a 54	CE 3	45	Não atende
	50 a 54	CE 4	41	Não atende
	50 a 54	CO 5	50	M
	50 a 54	CO 6	44	Não atende
(6) Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	45 a 49	CE 1	45	M
	45 a 49	CE 2	41	Não atende
	45 a 49	CE 3	45	M
	45 a 49	CE 4	41	Não atende
	50 a 54	CO 5	50	I
	45 a 49	CO 6	44	Não atende

4.3 Orçamento

O orçamento para as diferentes composições de paredes baseou-se no metro quadrado para a construção realizada na cidade de Santa Maria, RS, em que foi avaliado o impacto nos custos das composições das paredes estruturais.

Na Tabela 5 são apresentados os custos de cada composição de parede, e sua relação entre o custo do metro quadrado e o custo da mão de obra para construí-lo.

Para levantar o custo do metro quadrado para cada

composição de parede na cidade realizou-se levantamento dos materiais construtivos em Santa Maria, RS, considerando o preço dos blocos construtivos e argamassa. Optou-se por elaborar um orçamento composto pela média dos preços levantados em três estabelecimentos comerciais de referência por vendas, na cidade, devido a maior precisão dos valores. Para o custo da mão de obra, foram adotados os serviços de um pedreiro e um servente trabalhando por hora, de acordo com os valores fornecidos pelo SINTRACON/SM. O levantamento dos custos foi elaborado com base de preços para o mês de fevereiro de 2017, preferindo adaptar-se à realidade de Santa Maria do

que a utilização de um parâmetro como o SINAPI (Índice de Construção Civil – Caixa), por exemplo, que é baseado em custos para a capital do estado.

Tabela 5 – Orçamento por m² construído para a cidade de Santa Maria, RS

Paredes (Material construtivo)	Custo/m ² (R\$)	Custo mão de obra/m ² (R\$)	Custo total (R\$)
Bloco cerâmico 14x19x29 cm – argamassas externa e interna de 3,0 cm	39,15	27,83	66,98
Bloco cerâmico 14x19x29 cm – argamassas externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm	33,80	27,83	61,63
Bloco cerâmico 19x19x29 cm – argamassas externa e interna de 3,0 cm	48,22	27,83	76,06
Bloco cerâmico 19x19x29 cm – argamassas externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm	42,87	27,83	70,71
Bloco de concreto 14x19x29 cm – argamassas externa e interna de 2,5 cm	45,43	25,97	71,40
Bloco de concreto 14x19x29 cm – argamassas externa e interna de 1,5 cm	41,15	27,47	68,62
Média dos custos	41,77	27,46	69,23

Observa-se, na Tabela 5, que a composição de materiais mais barata para a construção por metro quadrado na cidade de Santa Maria, RS é a parede em bloco cerâmico 14x19x29 cm com argamassa externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm. Já a composição com valor mais elevado é a parede de bloco cerâmico 19x19x29 cm, com argamassas externa e interna de 3,0 cm.

4.4 Discussão

Na análise das composições de paredes estruturais para edificações habitacionais multifamiliares na cidade de Santa Maria, RS, com relação ao desempenho térmico, constatou-se que apenas os blocos cerâmicos de 14x19x29 cm e 19x19x29 cm, ambos com argamassas externa e interna de 3,0 cm (CE 1 e CE 3), atenderam aos valores de transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) estipulados pela norma para a ZB 2. Dessa forma, observou-se a influência da espessura da argamassa para que esses blocos cumprissem as exigências da norma, pois todos os que não atenderam as especificações possuíam espessura de argamassa inferior a 3,0 cm. Contudo, para blocos de concreto, mesmo com a argamassa mais espessa, não foi possível alcançar o desempenho mínimo.

Ressalta-se, que a avaliação realizada compreendeu a aplicação do método simplificado da norma, porém diante de uma análise por meio do método de simulação, outro método que pode ser utilizado para análise de desempenho da norma ABNT NBR 15575-1:2013, estes blocos terão a possibilidade de atingir o desempenho mínimo conforme o projeto arquitetônico desenvolvido.

Comparados os blocos que formam as composições que atenderam ao desempenho térmico (CE 1 e CE 3) com os resultados dos ensaios de acústica, constatou-se que

estes não atenderam dois dos itens avaliados no desempenho acústico, como é o caso da parede geminada, em que pelo menos um dos ambientes é um dormitório e da parede cega entre unidades habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer, esportivas. Deste modo, analisados o desempenho térmico e acústico conjuntamente ao orçamento, o bloco cerâmico 19x19x29 cm com argamassa de 3,0 cm em ambos os lados, apresentou custo elevado em relação ao bloco cerâmico 14x19x29 cm e mesma espessura de revestimento.

Ainda, com base no orçamento, o bloco cerâmico 14x19x29 cm com argamassa externa de 2,5 cm e interna de 1,0 cm foi o de custo mais baixo, porém ele não atendeu nenhum dos desempenhos avaliados por este trabalho. Constatando-se que o problema se encontra na proporção do revestimento utilizado e não no bloco escolhido.

Verificou-se, que o bloco de concreto 14x19x29 cm com argamassas externa e interna de 2,5 cm (CO 5), não atendeu ao desempenho térmico, porém atendeu a todas as condições relativas ao desempenho acústico entre diferentes ambientes. O bloco pode atender ao desempenho térmico com um bom projeto arquitetônico, que deve ser avaliado pelo método de simulação computacional da norma.

No critério de parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, todos os blocos apresentaram conformidade com os parâmetros estipulados pela norma.

As análises foram realizadas considerando-se que, apesar do não atendimento ao desempenho térmico por parte dos blocos de concreto pelo método simplificado da norma, eles são blocos muito utilizados hoje em Santa Maria e podem atender o desempenho com um bom projeto arquitetônico, avaliados pela metodologia de simulação computacional.

No caso dos blocos cerâmicos, quando analisado o seu desempenho térmico, apenas são avaliadas as paredes externas, e apesar de algumas composições não atingirem o desempenho mínimo, estas poderiam ser utilizadas em paredes divisórias internas que atinjam o desempenho acústico mínimo, utilizando-se de composições mais baratas em parte da obra.

Quanto à análise de custos, os blocos de menores dimensões apresentam menores custos globais.

Verificou-se, também, que os resultados estão de acordo com os estudos de Silva *et al.* (2004) e Polyastro (2008), em relação à vantagem dos blocos cerâmicos sobre os blocos de concreto no custo global da obra.

Por fim, aliando custos e atendimento aos desempenhos térmico e acústico para as obras em alvenaria estrutural na cidade de Santa Maria, RS (ZB 2), observou-se que a composição com o bloco cerâmico de 14x19x29 cm com argamassa de 3,0 cm em ambos os lados seria, neste caso, o mais vantajoso para utilizar em toda a obra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se, que na avaliação do impacto dos custos das composições de paredes estruturais, segundo os critérios das normas de desempenho ABNT NBR 15575-1:2013 e

ABNT NBR 15575-4:2013, a parede composta por bloco cerâmico de 14x19x29 cm revestida com argamassa de 3 cm em ambos os lados atende aos parâmetros de desempenho térmico e acústico da norma ABNT NBR 15575:2013 para a aplicabilidade em construções na cidade de Santa Maria, RS. Em relação ao orçamento, realizado para a cidade, a referida parede apresenta custo total de mão de obra e material abaixo da média dos orçamentos realizados para as demais composições de paredes, facilitando sua aplicação em habitações multifamiliares de rendas baixa e média.

O estudo colabora para a tomada de decisões projetais do perfil construtivo estudado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013, 71 p.

_____. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013, 31 p.

_____. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013, 42 p.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações. Rio de Janeiro, 2013, 63 p.

_____. **NBR 15575-5**: Edifícios habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013, 73 p.

_____. **NBR 15575-6**: Edifícios habitacionais – Desempenho. Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013, 32 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Política Nacional de Habitação**. Brasília, 2004.

BARRY, P. J. Desempenho Acústico em Edifícios: grandezas, métodos, normas e critérios. *In*: Seminário Habitação: Desempenho e Inovação Tecnológica, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, p. 76-83, 2005.

BARRY, P. J. Desempenho Acústico em Edifícios: grandezas, métodos, normas e critérios. *In*: Seminário de Acústica Arquitetônica Contemporânea, 4, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2008.

CBIC Mais – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Minha Casa, Minha Vida alavanca o

crescimento do país e o bem-estar social. Edição 76, 03.02.2017. Disponível em:

<https://cbic.org.br/migracao/sites/default/files/CBIC_new_sletter_76.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2017.

_____. Conceitos e Normas. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575:2013**. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013, 308 p. : il. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2017.

DANTAS, C.; BARBIRATO, G. Avaliação do desempenho térmico e conforto térmico dos usuários em empreendimentos residenciais horizontais do Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió, AL. **15º**

ERGODESIGN – Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-tecnologia e **15º USIHC** – Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-computador, v. 2, n. 1, p. 400-411, jun. 2015.

FERREIRA NETO, M. de F.; BERTOLI, S. R. Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmicos: uma comparação entre Brasil e Portugal. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 169-180, Porto Alegre, RS, out./dez. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400012>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10140-2**: Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction - Partie 2: Mesurage de l'isolation au bruit aérien. ISO, 2010, 13 p.

_____. **ISO 12354-2**: Building acoustics -- Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements- Part 2: Impact sound insulation between rooms. ISO, 2017, 46 p.

PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

POYASTRO, P. C. **Comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, quanto a custo e produtividade quando utilizamos em alvenaria estrutural**. Trabalho de diplomação (Engenharia Civil). UFRGS, Porto Alegre, 2008.

SILVA, A. H. da; SANTOS, D. de G.; ROMAN, H. R.; HEINECK, L. F. M. Custos e produtividade em alvenaria estrutural – Análise comparativa entre 12 prédios com estrutura em blocos cerâmicos, 3 prédios em blocos de concreto e 8 prédios com estrutura convencional de concreto armado. *In*: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 18-21 julho de 2004.

SINTRACON/SM. Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Santa Maria, RS. Consulta por telefone, fev. 2017.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise do Método de Simulação de Desempenho Térmico da

Norma NBR 15575. *In*: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 12, Brasília, 2013. **Anais...** Brasília, 2013.

TECMOLD. Pisos, tubos e blocos de concreto. Blocos de Alvenaria Estrutural. 2017. Disponível em: <<http://www.tecmold.com.br/web/blocos.php>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

UNISINOS. ITT Performance. **Desempenho Acústico – Ruído Aéreo. Determinação do Isolamento sonoro através de medições em laboratório.** São Leopoldo, RS, 2016. Disponível em: <www.sinduscon-rs.com.br/premium2015/admin.php/inscricoes/download/2>. Acesso em: 30 jan. 2017.