

ISOLAMENTO SONORO DE PAREDE EM LIGHT STEEL FRAME COM PLACAS CIMENTÍCIAS VS. ISOLAMENTO SONORO DE PAREDES CONVENCIONAIS

Graziella Ferrer Radavelli^a, Stephan Paul^b

^a Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Torres, RS, Brasil.

^b Laboratório de Vibrações e Acústica LVA, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

A partir da entrada em vigor da NBR 15575:2013 foram estabelecidos diversos parâmetros de desempenho para edificações habitacionais, incluindo exigências mínimas de isolamento acústico para os sistemas que compõem as edificações, entre eles, as vedações verticais. Desta forma, informações confiáveis sobre o isolamento acústico providenciado pelos diferentes sistemas construtivos tornaram-se de fundamental importância. Tendo em vista a pouca informação existente na literatura sobre o isolamento sonoro de paredes em *light steel frame* (LSF) em geral, e mais especificamente de paredes em LSF que usam placas cimentícias como revestimento externo, foi medida em laboratório (UFSC) a perda de transmissão sonora em uma parede externa executada neste sistema construtivo, usada tipicamente no mercado brasileiro e composta por placas cimentícias, painéis OSB, estrutura metálica com preenchimento de lã de vidro entre montantes e placas de gesso acartonado. O isolamento sonoro foi medido conforme procedimento normalizado pela ISO 10140:2010 e quantificado pelo índice de redução sonora R nas diferentes frequências, pelo índice de redução sonora ponderado R_w e pela classe de transmissão sonora STC, permitindo a comparação entre o isolamento sonoro da parede de LSF e o isolamento sonoro de paredes convencionais encontrados na bibliografia. Determinou-se que o isolamento sonoro da parede avaliada é de $R_w=47\text{dB}$ e $\text{STC}=48\text{dB}$. A partir da análise dos dados, concluiu-se que a parede em LSF – considerada uma parede dupla – é mais eficiente no isolamento sonoro quando comparada às paredes simples convencionais, mesmo quando estas têm maior espessura e massa, como paredes de tijolos maciços, de blocos de concreto ou de blocos cerâmicos. Concluiu-se também que a parede de LSF avaliada atende ao R_w requerido para vedações verticais externas, pela NBR 15575:2013, para a condição mais extrema de ruído ambiental (classe de ruído III), com desempenho considerado superior.

Palavras-chave: paredes de *light steel frame*, isolamento acústico, perda de transmissão sonora, NBR 15575:2013, índice de redução sonora ponderado (R_w) e classe de transmissão sonora (STC).

ABSTRACT

Environmental noise at high levels and inappropriate construction techniques used in conventional buildings in Brazil claim for a transition to better construction systems. Recently the Brazilian standard NBR 15575:2013 established for the first time parameters and criteria, acoustical ones included, for residential building performance. In the standard minimum requirements for sound insulation are defined, for example for internal and external walls. This way it is of fundamental importance to have sound transmission loss data for different types of such elements at hand. Taking into account that there is very little information on the sound transmission loss of light steel frame (LSF) walls, and even less information on the sound insulation of LSF walls that use cement boards for the external lining, measurement of sound insulation of an external LSF wall typically used in Brazil, using cement board, OSB panel, plaster board and having its cavity between the metal studs filled with glass wool was carried out. The LSF wall was mounted in the sound transmission measurement chamber of the Federal University of Santa Maria and measurements were carried out in accordance with ISO 10140:2010. Sound insulation was characterized by means of the sound reduction index R , the weighted sound reduction index R_w and the sound transmission class STC, making it possible to compare the sound insulation of the LSF wall with data from the literature. The sound insulation of the typical LSF wall was found to be $R_w=47\text{dB}$ and $\text{STC}=48\text{dB}$. From the data it can be concluded that the LSF wall is more efficient regarding the sound insulation than single walls, even when the latter have superior thickness or surface mass. It was also concluded that the external LSF wall under investigation

provides superior performance on sound insulation performance according to NBR 15575:2013, even for the most critical environmental noise situation (Noise Class III).

Keywords: light steel frame walls, sound insulation, sound transmission loss, NBR 15575:2013, sound reduction index (R_w), sound transmission class (STC).

1. INTRODUÇÃO

Devido ao significativo crescimento populacional e conseqüente aumento da densidade habitacional nos centros urbanos, o problema de excesso de ruído cada vez mais tem afetado seus habitantes. A Organização Mundial de Saúde (2014) alerta para a interferência que o excesso de ruído causa nas atividades diárias: na escola, no trabalho, em casa ou nos períodos de lazer. Muitos efeitos, como psicológicos e fisiológicos, são frequentemente atribuídos ao ruído, porém possuem relação causal menos evidente (IRVINE; RICHARDS, 1998, p.14).

Segundo pesquisa realizada por Jobim (1997) entre usuários de habitações na cidade de Porto Alegre, o desconforto acústico foi apontado como uma das principais causas da insatisfação dos moradores. O ruído aéreo, particularmente proveniente do trânsito de veículos e atividades laborais ou de lazer, chega ao interior de residências quando o isolamento sonoro das paredes externas não é suficiente para garantir conforto acústico adequado aos seus usuários.

A falta de isolamento sonoro nos sistemas construtivos tradicionais ocorre principalmente devido a dois fatores: a redução significativa na espessura das paredes - com objetivo de aumentar a área útil dos imóveis e reduzir custos com material e mão de obra - e as inadequadas técnicas utilizadas na execução das obras.

Diante disso, a adoção de sistemas construtivos alternativos aos convencionais pode ser uma resposta interessante para o mercado da construção civil, que carece urgentemente de sistemas e técnicas construtivas rápidas, eficientes e enxutas em termos de economia de materiais, mão de obra e, especialmente, de produção de resíduos. Crasto (2006, p.10) aponta que a construção civil brasileira é predominantemente artesanal e caracterizada pela baixa produtividade e alto desperdício. Nesse sentido, o sistema construtivo *light steel frame*, amplamente utilizado em países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha e Chile, entre outros, mas ainda timidamente conhecido e aceito no Brasil, pode apresentar-se como solução adequada à demanda de construtoras e clientes.

A partir da recente entrada em vigor da NBR 15575-4:2013, que estabelece requisitos e critérios de desempenho para todos os sistemas que compõe uma edificação habitacional, a indústria da construção civil, que até então desconhecia ou raramente disponibilizava informações referentes ao desempenho acústico dos sistemas e componentes construtivos utilizados nas suas obras, deverá atender, entre outros, aos critérios de isolamento sonoro estabelecidos pela norma.

Em face do que foi anteriormente exposto, este trabalho propõe-se a avaliar o desempenho no isolamento acústico de uma vedação vertical executada em um sistema construtivo industrializado, o *light steel frame* (LSF), usando placas cimentícias sobre placas OSB como revestimento externo.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar o isolamento sonoro proporcionado por uma parede externa executada em *light steel frame* e revestida por placas cimentícias, com o isolamento sonoro proporcionado por paredes convencionais - como de blocos cerâmicos, blocos de concreto, tijolos maciços e concreto. Também tenciona-se verificar a qual nível de desempenho - mínimo, intermediário e superior - pelos critérios de isolamento sonoro exigidos para vedações verticais externas pela NBR 15575:2013, as respectivas paredes atendem.

3. MÉTODO

Medição da perda de transmissão, PT, em câmara reverberante de transmissão sonora, conforme procedimentos descritos na ISO 10140:2010.

3.1. Definição dos materiais empregados e montagem da parede em LSF

A parede em LSF avaliada, comumente utilizada no Brasil, utiliza os materiais descritos na Tabela 1 e representados na Figura 1 e é composta por estrutura de perfis guias e montantes, em aço galvanizado, com espessura de 0,8mm. Os montantes - peças verticais - foram espaçados a cada 60cm, conforme Figura 2, e

possuem alma de 100mm e mesa de 40mm. As guias – peças horizontais – possuem alma de 92mm e mesa de 38mm. Como preenchimento da cavidade entre perfis, utilizou-se lã de vidro com 90mm de espessura. Como revestimento interno a parede em LSF utiliza painel OSB e placa de gesso e, como revestimento externo, painel OSB, membrana hidrófuga e placa cimentícia, conforme representado na Figura 2.

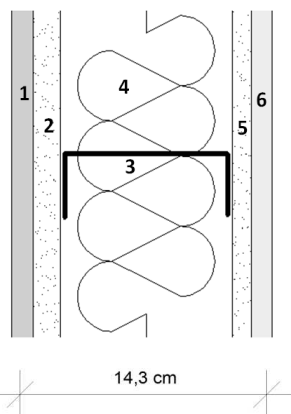


Figura 1 – Representação da seção da parede em *light steel frame*.

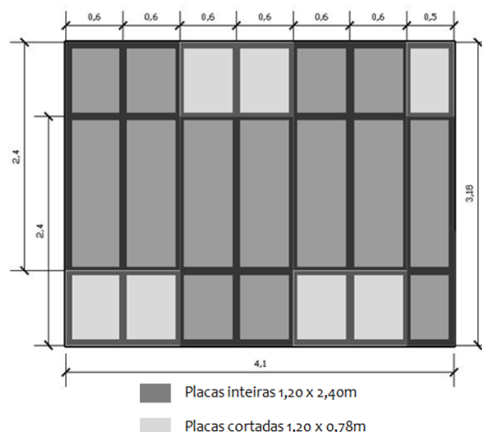


Figura 2 – Modulação da estrutura e das placas de revestimento na parede em *light steel frame*.

Tabela 1 – Materiais utilizados na parede em *light steel frame*.

Material	Fabricante	Espessura [mm]	m'' [kg/m ²]
1. Placa cimentícia	Brasilit	10	17
2. Painel OSB	Lp Building Products	11,1	7,2
3. Perfil de aço galvanizado	Center Steel	0,8	62
4. Lã de vidro	Owens Corning	90	1,1
5. Painel OSB	Lp Building Products	9,5	6,2
6. Placa de gesso acartonado <i>standard</i>	Placo	12,5	8,4
Fita de papel	Placo	-	-
Fita tela	Brasilit	-	-
Massa para placa de gesso acartonado	Placo	-	-
Massa para placa cimentícia	Brasilit	-	-
Membrana hidrófuga	Lp Building Products	-	0,11

A montagem da parede em LSF na câmara reverberante de transmissão sonora seguiu as práticas usuais do sistema construtivo, descritas no Manual de *Steel Framing* do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA, 2006) e atendeu aos requisitos da Diretriz nº 003 do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas para Produtos Inovadores (SINAT, 2012). A parede em LSF foi inserida na abertura total do vão entre as salas de emissão e recepção, com a dimensão de 4,10m x 3,18m, totalizando 13,04m². A fixação da estrutura em aço da parede em LSF à estrutura da câmara reverberante, representada na Figura 3, foi feita com *parabolts*, fixando as guias metálicas inferior e superior e os montantes laterais do painel diretamente ao contrapiso, paredes e laje superior, feitos em concreto. No perímetro do painel estrutural - entre o aço e as superfícies da parede, piso e teto da câmara reverberante - foi colada a fita adesiva de espuma de PVC, conhecida como banda acústica.



Figura 3 - Painel estrutural de aço galvanizado fixado no vão da câmara.



Figura 4 - Vedação do painel ao vão da câmara com espuma expansiva de poliuretano.



Figura 5 - Revestimento do painel estrutural utilizando painéis OSB.

Para complementar a vedação entre estes elementos foi utilizada espuma expansiva de poliuretano, conforme representado na Figura 4. Os painéis OSB externos, anteriormente representados na Figura 2 em dois tons de cinza, bem como as placas cimentícias e as placas de gesso acartonado, revestem os lados da parede, de forma desencontrada, para que as juntas horizontais não fiquem alinhadas e com isso haja diminuição da resistência estrutural do conjunto. Os painéis OSB foram aparafusados à estrutura metálica (Figura 5) e sobre estes foi instalada a membrana hidrófuga (Figura 6). Posteriormente, preencheu-se a cavidade interna formada entre os perfis de aço com lã de vidro de 90mm de espessura (Figura 7), e em seguida as placas cimentícias foram aparafusadas sobre os painéis OSB externos. As placas cimentícias, utilizadas externamente e as placas de gesso acartonado, utilizadas internamente, foram aparafusadas sobre painéis OSB e receberam tratamento de juntas, feito com fita e massa específicos, representados nas Figuras 8 e 9.



Figura 6 - Instalação da membrana hidrófuga sobre os painéis OSB.



Figura 7 - Instalação da lã de vidro.



Figura 8 - Tratamento de juntas nas placas cimentícias.



Figura 9 - Tratamento de juntas nas placas de gesso acartonado.

3.2. Medições: tempo de reverberação TR, perda de transmissão sonora PT e ruído de fundo

3.2.1. Medição do tempo de reverberação

O tempo de reverberação, TR, foi medido antes de cada medição de perda de transmissão sonora, PT, visto que, para determinação do índice de redução sonora, R , é necessário conhecer a área de absorção sonora equivalente da sala de recepção, A , obtida através da medição do TR. A fonte omnidirecional foi colocada na sala de recepção, da câmara reverberante de transmissão sonora da UFSM, em duas posições distintas, sendo que para cada posição de fonte foram utilizadas três posições de microfones, totalizando seis leituras de TR. O TR foi medido em bandas de 1/3 de oitava, na faixa de frequência de 100 a 5000Hz. Todo procedimento de medição de TR, bem como os pontos de medição, seguiram as determinações da ISO 354:2003.

3.2.2. Medição da perda de transmissão sonora

A PT da parede em LSF foi quantificada em termos dos índices de redução sonora, R , fornecidos pelo MNPS a partir das medições dos níveis de pressão sonora nas câmaras de emissão e recepção, seguindo os procedimentos de medição e os requisitos para instalações e equipamentos, constantes no conjunto de normas da ISO 10140:2010, que trata do isolamento sonoro de elementos construtivos em laboratório.

Na sala de emissão, o campo sonoro difuso foi gerado através do uso de uma fonte omnidirecional em duas posições distintas, representadas na Figura 10 por f_1 e f_2 . Um tripé com microfone rotativo foi posicionado no centro de cada sala, emissão e recepção, representado por m_1 e m_2 , e o círculo tracejado representa o raio de varredura destes microfones. A Figura 10 ilustra o procedimento.

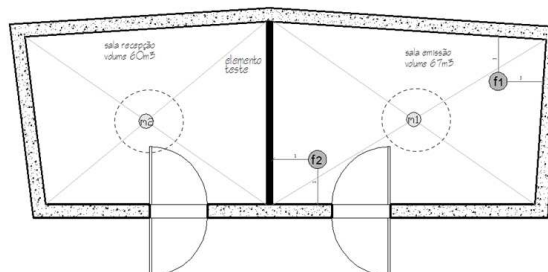


Figura 10 - Pontos de fonte e microfone para medição da perda de transmissão sonora.

A medição de PT compreendeu a faixa de frequências de 100 a 5000Hz, em bandas de 1/3 de oitava e durou 32 segundos, tempo igual ao tempo que o microfone rotativo leva para dar uma volta completa. O raio de varredura utilizado foi de 1m.

O volume das salas de emissão e recepção é de 67m³ e 60m³, respectivamente, atendendo ao mínimo especificado pela norma, bem como a recomendação de que a sala de maior volume deve ser a sala de emissão.

3.2.3. Medição do NPS do ruído de fundo

O nível de pressão sonora do ruído de fundo foi medido após cada medição de perda de transmissão sonora, com o objetivo de verificar se o mesmo atinge o mínimo de 6dB, mas preferencialmente 15dB, menor do que o NPS do sinal. Constatou-se que a diferença entre o NPS do ruído de fundo e o nível do sinal foi consideravelmente maior que 15dB, em todas as faixas de frequência.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos a partir da medição de PT da parede em LSF, comparando-os com dados bibliográficos de isolamento sonoro de paredes convencionais, obtidos em pesquisas de outros autores. E, por fim, o desempenho no isolamento acústico das referidas paredes será confrontado com os requisitos da NBR 15575-4:2013 para vedações verticais externas medidas em laboratório.

4.1. Índice de redução sonora, *R*, medido na parede de *light steel frame*

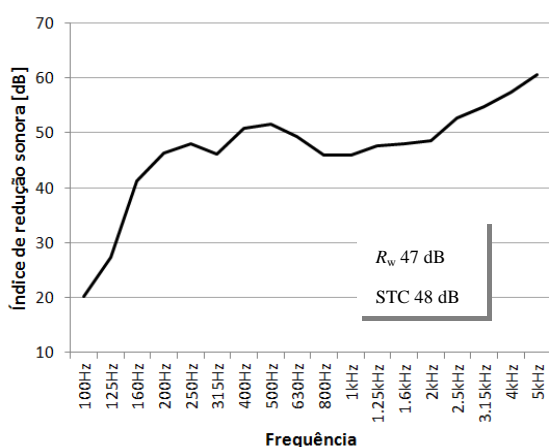


Figura 11 – Índice de redução sonora *R* em função da frequência da parede em LSF avaliada.

No que tange a transmissão sonora, há três fenômenos que regem o comportamento das paredes duplas, são eles o acoplamento entre as placas de revestimento, a coincidência entre comprimento da onda sonora no ar e o comprimento da onda de flexão no painel e a ressonância na cavidade entre os painéis.

É possível observar, a partir da análise da curva de *R* apresentada na Figura 11 e na Tabela 2, que a parede de LSF possui baixa perda de transmissão nas baixas frequências. Este fenômeno ocorre, pois, nas baixas frequências a ligação entre os painéis da parede dupla comporta-se como uma ligação rígida e a parede dupla como uma parede simples. Assim, sua PT é determinada pela massa da parede, e desta forma, paredes leves geralmente apresentam baixo isolamento acústico nesta região.

Novamente entre 800 e 2000Hz há uma redução na PT da parede em LSF, pois nesta região se produz o fenômeno chamado de coincidência, ou seja, o acoplamento máximo entre a onda plana no ar e a onda de flexão da parede. Com isso há um aumento na eficiência da radiação sonora e uma queda significativa na PT da parede.

Tabela 2 – Índice de redução sonora *R* em função da frequência.

Frequência [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630
R medido [dB]	20,3	27,4	41,2	46,4	48,1	46,1	50,9	51,6	49,4
Frequência [Hz]	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R medido [dB]	46	46	47,7	48,1	48,5	52,7	54,8	57,4	60,6

O melhor desempenho no isolamento proporcionado pela parede em LSF avaliada pode ser observado nas frequências entre 160 e 630Hz e novamente após 2500Hz, conforme apresentado na Tabela 2.

4.2. Comparação entre o isolamento sonoro da parede em *light steel frame* e paredes convencionais

Paredes em LSF são consideradas paredes duplas que, por definição, possuem dois elementos construtivos separados por uma cavidade de ar entre eles. Devido às exigências de códigos de incêndio ou normas de isolamento sonoro, é comum que as paredes duplas utilizem mais do que uma placa de revestimento em cada lado da cavidade (VIGRAN, 2008, p. 277 e 278), situação encontrada na parede em LSF sob avaliação.

As paredes aqui chamadas convencionais, como por exemplo, de blocos cerâmicos ou de concreto, tijolos maciços e concreto, são consideradas paredes simples e homogêneas. O comportamento dos dois tipos

de paredes - duplas e simples ou homogêneas - em relação à PT é bastante distinto. Enquanto que, em paredes simples ou homogêneas, a PT das é determinada principalmente pelas características do painel, como massa, rigidez e amortecimento (IRVINE, 1998, p.44), a PT de uma parede de LSF depende da massa superficial de cada placa de revestimento, da profundidade da cavidade formada entre um lado e outro da parede, da espessura e da densidade do material absorvente utilizado na cavidade entre os perfis e do espaçamento entre perfis (WARNOCK, 2008, p.8).

4.2.1. Paredes de blocos de concreto x parede em light steel frame

Nesta secção são comparados os dados de isolamento sonoro de três alvenarias de blocos vazados de concreto, obtidos em pesquisas semelhantes de outros autores, com o isolamento sonoro proporcionado pela parede em LSF, avaliada na presente pesquisa. As Figuras 12 e 13 apresentam os índices de redução sonora R de cada parede.

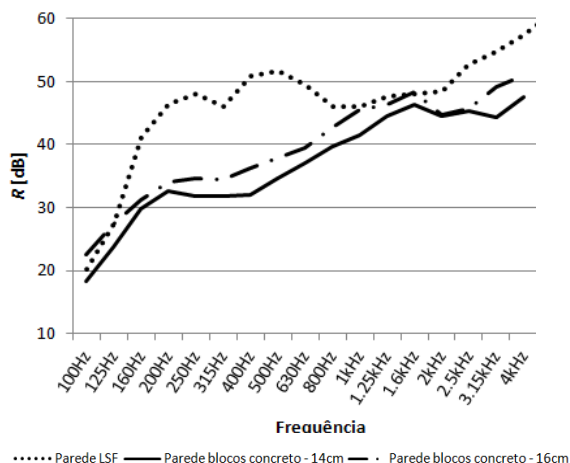


Figura 12 – Índices de redução sonora R da parede em *light steel frame* e paredes de blocos de concreto com espessura de 14cm e 16cm.

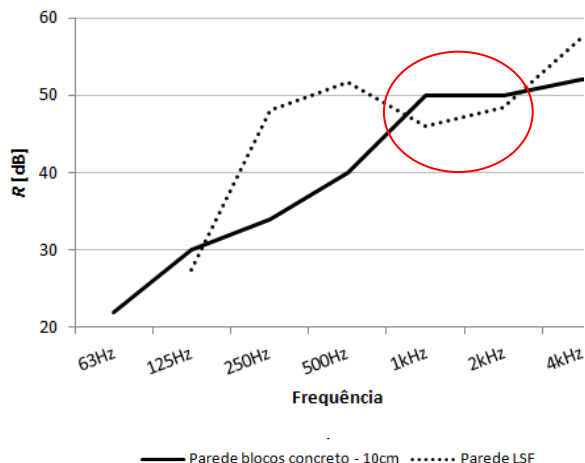


Figura 13 - Índices de redução sonora R da parede em *light steel frame* e paredes de blocos de concreto com espessura de 10cm.

A análise da Figura 12 permite constatar que a PT da parede em LSF é maior do que a PT das paredes de blocos de concreto com 14 e 16 cm, em praticamente todas as frequências. Já na Figura 13, observa-se que, especialmente entre as frequências de 160 a 800Hz, a parede de LSF possui desempenho consideravelmente melhor no isolamento sonoro em relação à parede de blocos de concreto com espessura de 10 cm. Novamente, a partir de 2000Hz, o isolamento sonoro da parede de LSF volta a ser superior ao da parede de blocos, que apresenta certa estagnação na curva de R . Entretanto, na região destacada na Figura 13, onde ocorrem as frequências de coincidência e as ressonâncias na cavidade, observa-se uma queda na PT da parede dupla, fazendo com que a parede de blocos de concreto tenha maior isolamento sonoro em relação à parede em LSF.

As paredes de blocos de concreto apresentaram R_w de 39dB, 43dB e 45dB, respectivamente, enquanto que a parede em LSF avaliada apresentou R_w de 47dB. É importante observar a massa superficial significativamente superior das paredes de blocos de concreto em relação à parede em LSF, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Características das paredes de blocos de concreto e de *light steel frame*.

Tipo de parede	Espessura [cm]	m'' [kg/m ²]	R_w [dB]	STC [dB]
Blocos de concreto*	14*	163*	39*	-
Blocos de concreto*	16*	171*	43*	-
Blocos de concreto**	10**	75**	45**	-
<i>Light steel frame</i>	14,3	44,3	47	48

* Dados obtidos de Santos (2012, p.24 e 25).

** Dados obtidos de Bistafa (2011, p.296).

4.2.2. Paredes de blocos cerâmicos x parede em light steel frame

Na Figura 14 são apresentados os espectros de R de duas alvenarias em blocos cerâmicos vazados, juntamente com as curvas de R da parede em LSF.

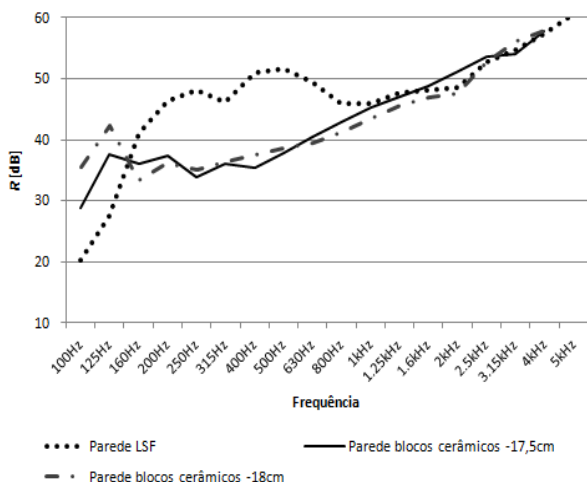


Figura 14 - Índices de redução sonora R de parede em *light steel frame* e paredes de blocos cerâmicos.

Na Figura 14, nas frequências até 160Hz, observa-se maior eficiência no isolamento sonoro das paredes de blocos cerâmicos em relação à parede em LSF, pois na região ocorrem as frequências de ressonância e, abaixo delas, a parede dupla comporta-se como uma parede simples e homogênea cuja PT e regida pela lei da massa. Assim, se a frequência de interesse estiver situada na região da frequência de ressonância do sistema massa-mola-massa, em uma parede dupla, o melhor isolamento sonoro será obtido utilizando uma parede simples.

Nas frequências compreendidas entre 160 e 1250Hz, pode-se verificar maior PT na parede de LSF em relação às paredes de blocos cerâmicos. A partir de 1250Hz, o desempenho no isolamento sonoro de ambas as paredes é equiparado.

É importante observar que a massa das paredes de blocos de cerâmicos, bem como sua espessura, são consideravelmente superiores à parede em LSF, embora seus R_w sejam 3dB e 4dB, respectivamente, inferiores ao R_w da parede em LSF, que é de 47dB, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Características das paredes de blocos de cerâmicos e de *light steel frame*.

Tipo de parede	Espessura [cm]	m'' [kg/m ²]	R_w [dB]	STC [dB]
Blocos cerâmicos (12 MPa)*	17,5*	201*	44*	-
Blocos cerâmicos (vedação)*	18*	170*	43*	-
<i>Light steel frame</i>	14,3	44,3	47	48

* Dados obtidos de Santos (2012, p.21 e 22).

4.2.3. Paredes de tijolos cerâmicos maciços x parede em light steel frame

A partir dos índices de redução sonora R , apresentados na Figura 15 e 16, são comparados o isolamento sonoro de duas paredes de tijolos maciços - com valores de R fornecidos por Bistafa (2011, p.295) e Santos (2012, p.23) - e da parede em LSF.

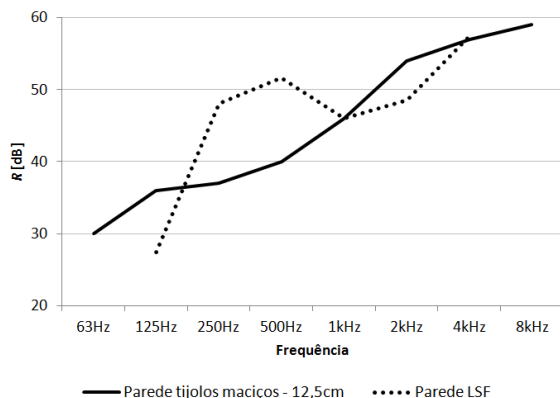


Figura 15 - Índices de redução sonora R de parede em *light steel frame* e da parede de tijolos maciços com espessura de 12,5cm.

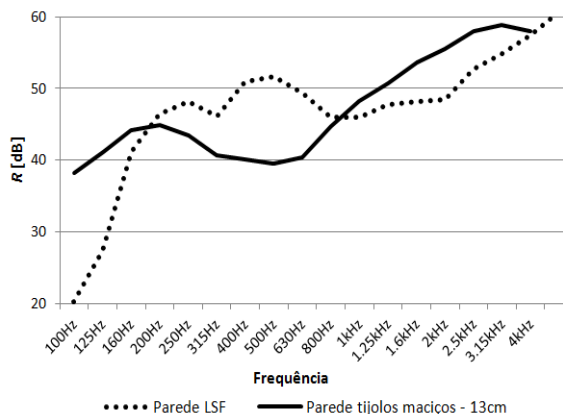


Figura 16 - Índices de redução sonora R da parede em *light steel frame* e de parede de tijolos maciços com espessura de 13cm.

A análise da Figura 15 e 16 permite constatar que as paredes de tijolos cerâmicos maciços apresentam maior PT nas frequências abaixo de 200Hz e acima de 1kHz em relação à parede em LSF e, esta por sua vez, apresenta maior isolamento sonoro entre as frequências de 200Hz e 1kHz. Desta forma, torna-se evidente que a escolha por uma das duas soluções construtivas apresentadas deve basear-se na faixa de frequências que se deseja isolar.

A partir da Tabela 5 é possível verificar que a parede de tijolos maciços com espessura de 13cm e a parede em LSF possuem o mesmo R_w , igual a 47dB, apesar das curvas de R bastante distintas, apresentadas na Figura 16.

Tabela 5 - Características das paredes de tijolos maciços (espessura de 13 cm e m'' de 249 kg/m²) e de *light steel frame*.

Tipo de parede	Espessura [cm]	m'' [kg/m ²]	R_w [dB]	STC [dB]
Tijolos maciços*	12,5*	240*	45	-
Tijolos maciços**	13**	249**	47**	-
<i>Light steel frame</i>	14,3	44,3	47	48

* Dados obtidos de Bistafa (2011, p.295).

**Dados obtidos de Santos (2012, p.23).

4.2.4. Paredes de concreto x parede em *light steel frame*

Dados fornecidos por Santos (2012, p.27), compõem as curvas de R apresentados no gráfico de PT, na Figura 17, e são comparados à curva de R da parede em LSF.

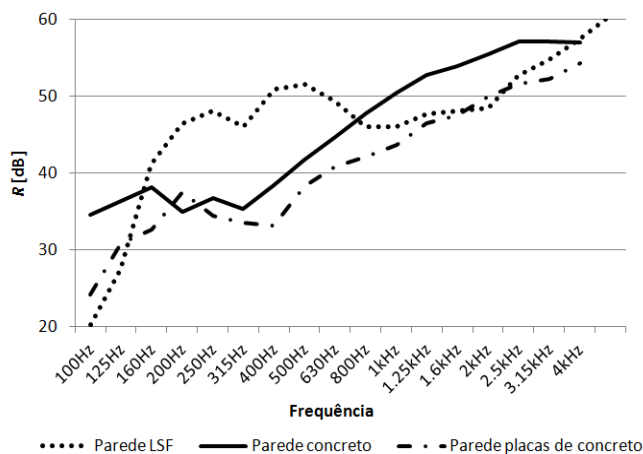


Figura 17 - Índices de redução sonora R da parede em *light steel frame*, parede de concreto polimerizado e parede de placas de concreto.

A análise da Figura 17 permite constatar curvas de R bastante distintas entre a parede de concreto polimerizado e a parede em LSF, apesar de ambas as paredes possuírem $R_w = 47$ dB. Enquanto a parede em LSF se destaca com melhor isolamento sonoro nas frequências entre 160 e 800Hz, a parede de concreto apresenta maior PT de 800 a 3150Hz em relação à parede em LSF. Desta forma, a escolha por uma das soluções construtivas com igual R_w - parede de concreto polimerizado ou parede em LSF - dependerá de qual faixa de frequências sonoras se deseja isolar, mas também deve se levar em consideração as espessuras e massas superficiais bem distintas que cada uma apresenta.

A curva de R da parede de placas de concreto demonstra claramente seu inferior desempenho no isolamento sonoro quando comparado às outras duas, confirmado pelo seu R_w , 4dB inferior às demais, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Características das paredes de concreto polimerizado, de placas de concreto e de *light steel frame*.

Tipo de parede	Espessura [cm]	m'' [kg/m ²]	R_w [dB]	STC [dB]
Concreto polimerizado*	10*	190-195*	47*	-
Placas de concreto*	10*	163*	43*	-
<i>Light steel frame</i>	14,3	44,3	47	48

* Dados obtidos de Santos (2012, p.27).

4.3. Avaliação do isolamento sonoro da parede em *light steel frame* frente à NBR 15575:2013

Na presente seção, a parede externa em LSF sob avaliação têm seu desempenho no isolamento acústico comparado às exigências de isolamento sonoro da norma brasileira de desempenho de edificações habitacionais, a NBR 15575:2013, bem como as demais paredes convencionais anteriormente comparadas.

A NBR 15575-4:2013 fornece uma tabela com os valores exigidos para o R_w de elementos de fachada medidos em laboratório, conforme o ruído ambiental presente no local da edificação, classificando-os

conforme seu desempenho no isolamento sonoro em mínimo, intermediário e superior. Considerando a condição mais extrema de poluição sonora ambiental - definida pela NBR 15575:2013 como “classe de ruído III” - a parede em LSF e as demais paredes podem ser classificadas conforme seu nível de desempenho no isolamento sonoro, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação da parede em *light steel frame* conforme os níveis de desempenho acústico requeridos pela NBR 15575:2013, na condição de classe de ruído tipo III.

Parede	R_w [dB]	Nível de desempenho acústico atendido conforme NBR 15575
LSF	47	superior
Blocos de concreto 14cm	39	mínimo
Blocos de concreto 16cm	43	intermediário
Blocos de concreto 10cm	45	superior
Blocos cerâmicos 17,5cm	44	intermediário
Blocos cerâmicos 18cm	43	intermediário
Tijolos cerâmicos maciços 12,5cm	45	superior
Tijolos cerâmicos maciços 13cm	47	superior
Concreto polimerizado	47	superior
Placas de concreto	43	intermediário

Para a condição de “classe de ruído III”, os níveis de redução sonora ponderados, R_w , exigidos são ≥ 35 dB, ≥ 40 dB e ≥ 45 dB, para os níveis mínimo, intermediário e superior, respectivamente, assim, a parede em LSF, com R_w de 47 dB, obteve desempenho superior para a condição mais extrema de ruído ambiental. Outras três paredes dentre as nove paredes convencionais avaliadas também obtiveram $R_w \geq 45$ dB, obtendo assim, desempenho considerado superior de acordo com os requisitos de isolamento acústico da NBR 15575:2013.

5. CONCLUSÕES

O espectro do índice de redução sonora R da parede em LSF comumente utilizada pelo sistema construtivo LSF no Brasil apresentou claramente duas regiões onde ocorreram reduções no isolamento sonoro. Nas baixas frequências, inferiores a 160 Hz, próximo à frequência de ressonância do sistema massa-mola-massa, o isolamento da parede LSF, em alguns casos, foi inferior ao isolamento sonoro em paredes simples ou homogêneas. E, na região onde ocorre a frequência crítica e as ressonâncias da cavidade, entre 800 e 2000Hz, verificaram-se quedas na PT da parede em LSF avaliada.

Ao comparar a parede em LSF com paredes convencionais, os resultados foram razoavelmente previsíveis e coerentes com os dados de outras referências bibliográficas. Comparando-se o isolamento sonoro de três paredes de blocos de concreto (vazados) e da parede em LSF, observa-se que a última tem desempenho superior a todas as paredes de blocos de concreto. O R_w das paredes de blocos de concreto foram respectivamente 8dB, 4dB e 2dB, inferiores ao R_w da parede em LSF, que foi de 47dB.

Comparando-se a parede em LSF às paredes de blocos cerâmicos, estas apresentam isolamento sonoro inferior em relação à parede em LSF, tendo R_w de 43dB e 44dB, respectivamente, enquanto que o R_w da parede em LSF é de 47dB.

Já na comparação da parede LSF com duas paredes de tijolos cerâmicos maciços - com massa superficial aproximadamente cinco vezes superior à parede em LSF - os resultados indicam que a parede LSF tem maior perda de transmissão entre elas nas médias frequências, mas o R_w de 47 dB medido na parede em LSF é parecido com o R_w das duas paredes de tijolo maciço, de 45 e 47 respectivamente. Ao comparar duas paredes de concreto maciço à parede em LSF, uma delas em concreto polimerizado e a outra composta por placas de concreto, verificou-se que a parede de placas de concreto obteve um R_w 4dB inferior em relação à parede em LSF ($R_w=47$ dB), enquanto a parede de concreto com adição de polímeros tem R_w , igual a 47dB. É importante destacar que a última parede comparada, em concreto polimerizado possui uma massa superficial quase seis vezes superior à massa da parede em LSF avaliada.

E, por fim, constatou-se que a parede em LSF avaliada atende facilmente ao requisito de nível superior para isolamento sonoro de vedações verticais, requerido pela NBR 15575:2013.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 63p.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2011. 380p.
- CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados**. 2005. 254p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. Centro Brasileiro da Construção em Aço. **“Steel Framing: Arquitetura.”** CBCA: Rio de Janeiro, 2006.
- HOPKINS, C. **Sound Insulation**. Slovenia: Elsevier Ltd., 2007. 622p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 354:2003** -Acoustics: Measurement of sound absorption in a reverberation room. Geneve: 2003. 21p.
- _____. **ISO 717:2013** - Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements - Part 1- Airborne sound insulation.
- _____. **ISO 10140-4** - Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 4: Measurement procedures sound requirements. Geneva, Switzerland, 2010. 12p.
- _____. **ISO 354:2003** - Acoustics: Measurement of sound absorption in a reverberation room. Geneve: 2003. 21p.
- IRVINE, K. L; RICHARDS, R. L. **Acoutics and noise control handbook for architects and builders**. Florida: Krieger Publishing Company, 1998. 194p.
- JOBIM, M. S. S. **Método de avaliação do nível de satisfação dos clientes de imóveis residenciais**. 1997. 147p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diretriz SINAT nº 003. **Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”)**. Brasília: Governo Federal, 2012. 48p.
- SANTOS, J. L. P. **Isolamento Sonoro de Partições Arquitetônicas**. Santa Maria: UFSM, 2012. 174p.
- VIGRAN, T. E. **Building Acoustics**. New York: Taylor & Francis, 2008. 362p.
- WARNOCK, A. C. C. **Estimation of Sound Transmission Class and Impact Insulation Class Rating for Steel Framed Assemblies**. National Research Council Canada – NRC: 2008, 49p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise>> Acesso em 07/04/2015.