



Centro Universitário de Brasília
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD

CLARICE CAVALCANTE DAGA

**PERFORMANCE ACÚSTICA DO SISTEMA DE VEDAÇÃO EM BLOCO
DE CONCRETO PREENCHIDO COM ARGAMASSA: ESTUDO DE
CASO EM EDIFICAÇÃO HABITACIONAL**

Brasília

2017

CLARICE CAVALCANTE DAGA

**PERFORMANCE ACÚSTICA DO SISTEMA DE VEDAÇÃO EM BLOCO
DE CONCRETO PREENCHIDO COM ARGAMASSA: ESTUDO DE
CASO EM EDIFICAÇÃO HABITACIONAL**

Trabalho apresentado como pré requisito para obtenção do Certificado de Conclusão do Curso de Pós Graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações.

Orientadora: Prof^a Neusa Maria Bezerra Mota, DSc

**Brasília
2017**

Sumário

1	APRESENTAÇÃO.....	3
2	JUSTIFICATIVA	4
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1	DESEMPENHO ACÚSTICO	5
3.2	ISOLAMENTO SONORO	5
3.3	VALORES DE ISOLAMENTO ESTABELECIDOS PELAS NORMAS BRASILEIRAS	6
3.4	VALORES DE ISOLAMENTO ESTABELECIDOS DE OUTROS PAÍSES	8
3.5	DADOS EXPERIMENTAIS.....	9
3.6	DADOS ANALÍTICOS.....	9
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
4.1	DADOS ANALÍTICOS.....	13
4.2	DADOS EXPERIMENTAIS.....	13
4.3	EQUIPAMENTOS.....	16
5	RESULTADOS	17
5.1	DADOS ANALÍTICOS.....	17
5.2	DADOS EXPERIMENTAIS.....	20
6	CONCLUSÕES.....	22
7	REFERÊNCIAS.....	23
	ANEXO A.....	25
	ANEXO B	26

1 APRESENTAÇÃO

Atualmente, as reclamações causadas pelos ruídos crescem cada vez mais, isto ocorre devido a alguns fatores, tais como a maior utilização de equipamentos eletrônicos, fachadas muito expostas e sem tratamento adequado e economia na isolamento de interfaces de unidades distintas (NETO, 2006).

Um dos problemas relacionados ao mau desempenho acústico ocorre quando não há uma preocupação na fase de projeto e as intervenções necessárias na execução exigem grande aplicação financeira.

Assim como o uso do bloco cerâmico o uso do bloco de concreto também é bastante comum e antigo. Atualmente na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) oferece três normas de grande importância que podem ser citadas para utilização deste material que são ABNT NBR 12.118/2014, ABNT NBR 16.522/2016 e ABNT NBR 6.136/2016. Estas normas especificam métodos de ensaio, o procedimento de preparo e estabelece os requisitos para produção e aceitação de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural.

Após a publicação da ABNT NBR 15.575/2013, valores mínimos de desempenho quanto ao isolamento acústico entre cômodos passaram a ser exigidos. Esta norma introduz uma perspectiva diferente a área de engenharia e possibilita inovação e isto se deve a gama de sistemas construtivos possíveis para atingir o resultado mínimo exigido. A abrangência e os requisitos de desempenho nela caracterizados conferem à esta norma grande potencial de impacto sobre os incorporadores, construtores, projetistas, fabricantes de materiais, componentes e sistemas e responsáveis pelo controle tecnológico. Além desses atores, já presentes no processo de implantação da edificação habitacional, a norma contempla também o usuário, interveniente novo a ser incumbido de responsabilidade para o pleno cumprimento dos requisitos.

Com a constante busca ao atendimento dessas exigências, muitos construtores têm investido na obtenção de resultados do índice de redução sonora de divisórias em alvenarias de blocos cerâmicos ou concreto (JUNIOR, SILVA e PINHEIRO, 2015).

Independentemente do tipo bloco utilizado na construção de edifícios residenciais, o conforto acústico é um dos itens mais desejados dos usuários. O ambiente de uma edificação deve propiciar ao usuário conforto e privacidade acústica

condizentes à finalidade do ambiente, sobretudo quando se destina a áreas de longa permanência que necessitam de locais tranquilos como residências e trabalho intelectual (BARRY, 2008).

No entanto, elementos construtivos como, por exemplo, paredes em blocos de concreto preenchido com argamassa não têm sido alvo destas investigações com tanto fomento.

O ruído que causa maior incômodo é o da vizinhança e é composto pelos níveis gerados por vizinhos, crianças e animais, perdendo apenas para o ruído do tráfego rodoviário (UTLEY e BULLER, 1988).

Os incômodos dos níveis de ruído entre unidades distintas refletem a necessidade de haver um bom isolamento acústico. No estudo de PAIXÃO (2002) o foco é o desempenho da alvenaria de bloco cerâmico se tratando de uma pesquisa sobre isolamento acústico, neste enfoque já foram publicados diversos estudos relacionados ao desempenho acústico de materiais utilizados na construção civil.

No estudo apresentado serão confrontados os valores dos dados experimentais e analíticos com os limites mínimos de isolamento estabelecidos em normas para o desempenho acústico, onde os dados experimentais serão obtidos por ensaios em uma edificação habitacional e os dados analíticos através de cálculos teóricos.

Neste sentido os blocos de concreto preenchidos com argamassa serão analisados quanto a sua isolação sonora em variação de área de aplicação, volumetria do ambiente e tipo de revestimento.

O estudo do potencial acústico desse método construtivo visa contribuir com o conforto dos usuários de edificações construídas em bloco de concreto preenchido com argamassa e, ao mesmo tempo, incentivar a realização de outros trabalhos, com novos materiais e técnicas construtivas.

2 JUSTIFICATIVA

As pesquisas sobre bloco de concreto estão bastante difundidas, porém, não existem estudos sobre o desempenho acústico do bloco de concreto preenchido com argamassa. O dado resultante desta pesquisa auxilia no projeto de edificações habitacionais para atendimento a norma de desempenho ABNT NBR 15.575 utilizando o sistema de vedação em bloco de concreto já conhecido acrescido com o

preenchimento em argamassa, pois, a adição de materiais para atingir o desempenho mínimo exigido na referida norma exige maior custo a obra.

O objetivo desta pesquisa é analisar o desempenho acústico de bloco de concreto preenchido com argamassa em três unidades habitacionais. A avaliação será composta pelas seguintes etapas:

- Determinar o $DnT'w$ por meio de método analítico;
- Determinar o $DnT'w$ por meio de ensaio experimental;
- Comparar os dados obtidos com os limites normativos;
- Comparar os resultados obtidos com os limites normativos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

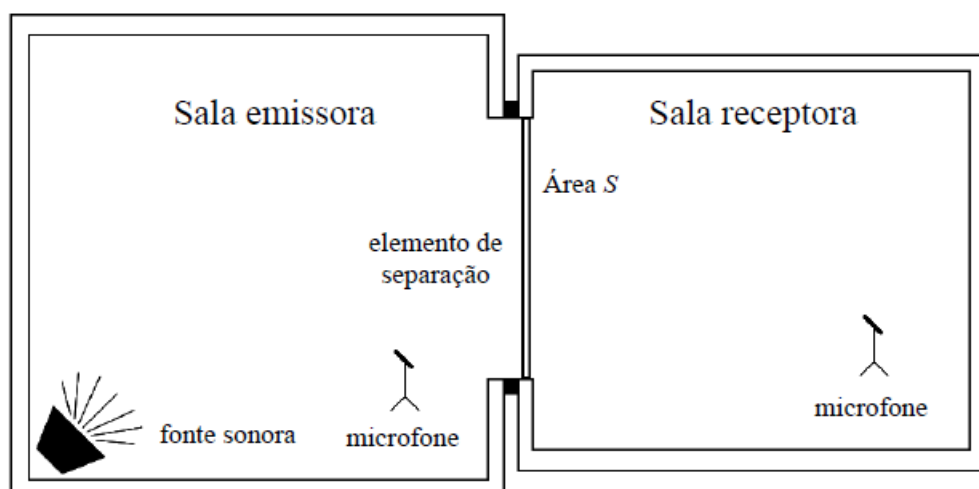
3.1 DESEMPENHO ACÚSTICO

A edificação habitacional deve proporcionar conforto e privacidade acústica aos seus usuários, assegurando a não inteligibilidade da comunicação verbal entre ambientes adjacentes, isto deve ocorrer através tanto do isolamento sonoro adequado entre unidades do próprio edifício, como do isolamento sonoro adequado das fachadas com relação aos ruídos aéreos provenientes de fontes externas à habitação (MICHALSKI, 2011).

3.2 ISOLAMENTO SONORO

Nas medições de isolamento sonoro entre duas salas, uma das salas é considerada a sala emissora, na qual o som é gerado, e a outra sala, a sala receptora, conforme ilustrado na Figura 1:

Figura 1 - Medição de isolamento sonoro aéreo entre ambientes.



Fonte: MICHALSKI (2011)

A medição é realizada gerando-se um sinal de excitação na sala emissora e medindo-se a diferença de nível D em diferentes bandas de frequência (oitavas ou terço de oitavas) entre as salas, em dB.

3.3 VALORES DE ISOLAMENTO ESTABELECIDOS PELAS NORMAS BRASILEIRAS

Os níveis de ruído para o conforto acústico interno das edificações são definidos na ABNT NBR 10152 (1987), na qual tem o objetivo de fixar os níveis de ruído sendo que os níveis inferiores são de conforto e os superiores limites máximos admitidos.

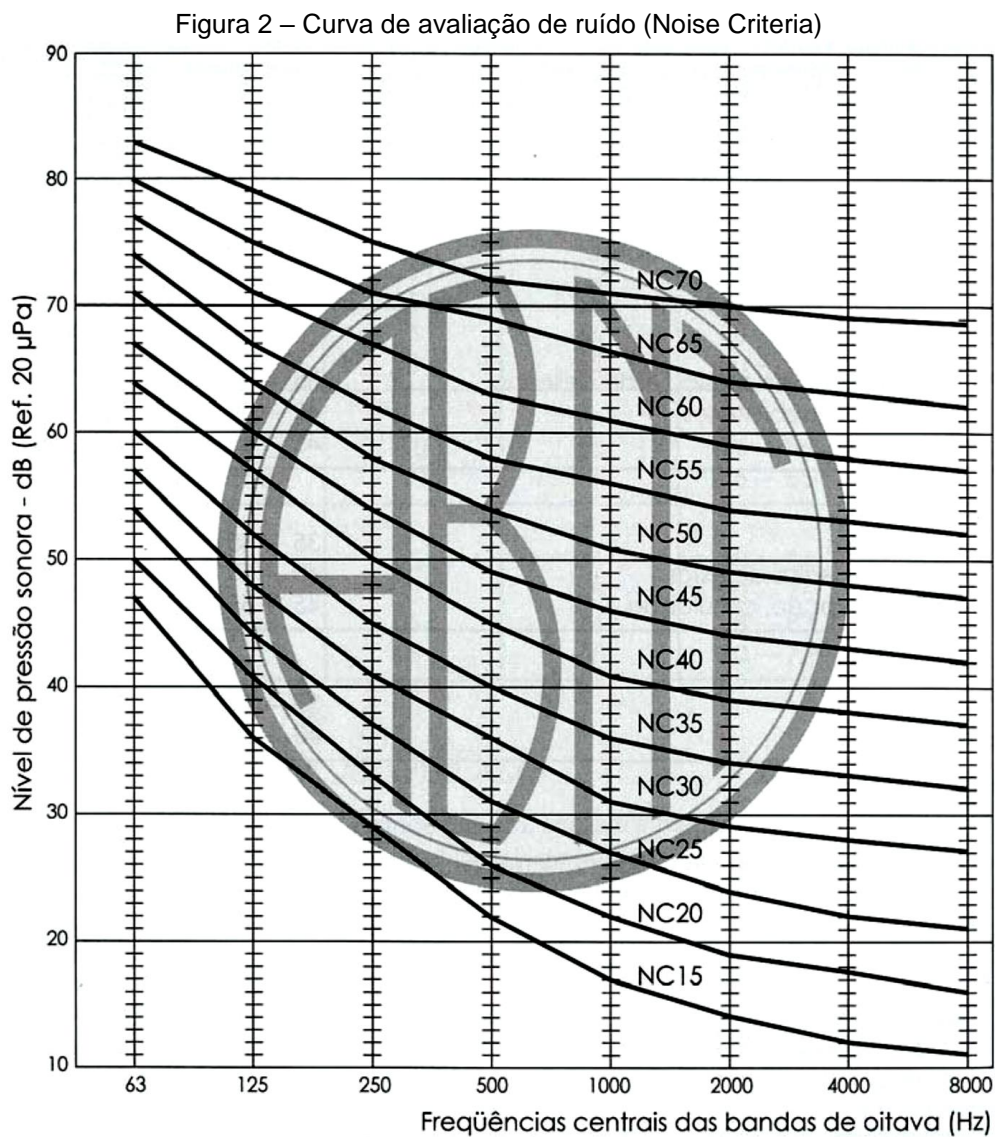
Tabela 1 – Valores dB(A) e NC.

Residências	dB(A)	NC
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45

Fonte: ABNT NBR 10152, (1987)

O método mais utilizado para avaliar o ruído de fundo de um ambiente é o método NC (Noise Critereria), curvas de avaliação de ruído. Cada curva NC é definida por um valor de NPS (Nível de Pressão Sonora) para cada faixa de frequência.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece os níveis sonoros de conforto e os níveis aceitáveis para cada tipologia do edifício conforme Figura 2.



Fonte: NBR 10152 (1987)

Para determinação do valor da diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$ entre os ambientes, o valor é obtido a partir do conjunto de valores de diferença padronizada de nível e serão utilizados os parâmetros da ABNT NBR 15575. Neste critério, a análise dos dados deve ser feita a partir da Tabela 2.

Tabela 2 – Valores recomendados da diferença padronizada de nível, ponderada entre ambientes, DnT,w , para ensaios de campo.

Elemento	DnT,w (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação), caso um dos ambientes seja 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 home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (DnT,w obtida entre as unidades)	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Legenda : M - Mínimo , I - Intermediário , S - Superior

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013)

A referida norma possui três níveis de avaliação sendo o Mínimo o menor critério para atendimento a norma e o Superior referente ao conforto.

3.4 VALORES DE ISOLAMENTO ESTABELECIDOS DE OUTROS PAÍSES

Vários países possuem algum tipo de regulamentação de isolamento sonoro em edificações, e dentre esses praticamente todos apresentam critérios mais exigentes que os propostos na norma brasileira de desempenho. A Tabela 3 apresenta exemplos de critérios de alguns países para o isolamento sonoro aéreo mínimo exigido entre ambientes.

Tabela 3 - Critérios internacionais para isolamento sonoro entre ambientes

País	Tipo de regulamentação	Critério mínimo de isolamento
África do Sul	Regulamentação específica	$DnT,w=45$ dB
França	Regulamentação específica	$DnT,w + C_{tr}= 53$ dB
Holanda	Norma NEM 1070	$DnT,w + C= 52$ a 57 dB
Nova Zelândia	Código de edificações	$DnT, w + C_{tr}= 55$ dB
Portugal	Regulamentação específica	$Dn,w= 50$ dB
Reino Unido	Regulamentação específica	$DnT,w + C_{tr}= 45$ dB

Fonte: Adaptado BARRY (2008)

3.5 DADOS EXPERIMENTAIS

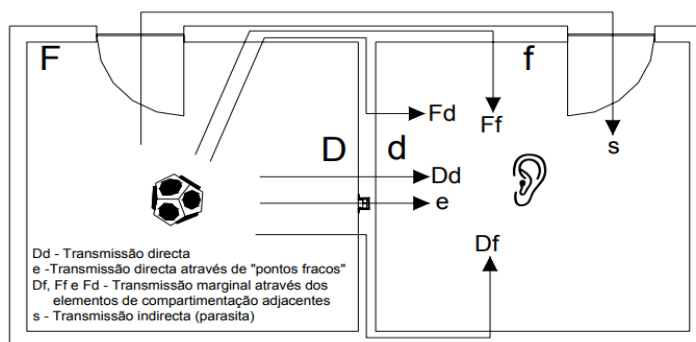
As medições de isolamento sonoro aéreo podem ser realizadas com três técnicas diferentes: o método chamado clássico, bastante utilizado mundialmente, se baseia em medições diretas dos níveis de pressão sonora na qual é descrito na ISO 16283 (2015); um método mais novo, ainda pouco utilizado, baseado em medições de funções de transferência ou respostas impulsivas e abordado na ISO 18233 (2006); e o terceiro método, que utiliza medições de intensidade sonora e é descrito na ISO 15186-2 (2003). Neste trabalho será utilizada a ISO 16283-2 (2015), embora os parâmetros de isolamento sonoro medidos de acordo com a referida norma dependam da frequência, eles podem ser expressos por valores ponderados ou globais determinados a partir dos valores individuais para as diversas bandas de frequência. Esses valores ponderados são números únicos (independentes da frequência) obtidos de acordo com o procedimento descrito na ISO 717-1 (2013).

3.6 DADOS ANALÍTICOS

A propagação do ruído acontece de forma direta, quando existe um elemento de separação comum aos dois compartimentos, e também ocorre por outras vias de transmissão existentes que são através dos elementos adjacentes ou de espaços laterais, o que se denomina de transmissão marginal. As vias marginais de transmissão sonora influenciam diretamente no resultado final de isolamento do elemento de separação e assim diminui o isolamento acústico do mesmo.

Na Figura 2 são ilustrados os diferentes caminhos de transmissão estrutural do ruído aéreo gerado no compartimento emissor de acordo com a ISO 140-1.

Figura 3: Caminhos de transmissão possíveis entre duas salas adjacentes



Fonte: Acústica de edifícios (2008)

A energia sonora total estabelecida no compartimento receptor, proveniente da excitação aérea produzida no espaço de emissão do ruído segundo a Norma EN ISO 12354-1, o fator de transmissão τ' é dado por:

$$\tau' = \tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s,$$

τ' – Coeficiente de transmissão da energia sonora total radiada para o compartimento receptor

τ_d - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor, por via direta, ou seja, pelo próprio elemento de separação;

τ_f - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor pelos elementos marginais;

τ_e - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor por pequenos elementos através dos quais podem ocorrer transmissão por via direta (exemplo: abertura de janelas ou sistemas de ventilação dispostos no elemento de separação);

τ_s - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor por outras vias de transmissão indireta (como a propagação pelo exterior do edifício, através das janelas dos respectivos compartimentos ou, no caso de verificação do isolamento entre espaços de um mesmo elemento a que possa ocorrer por zonas comuns, tipo corredores internos);

n - Número total de elementos marginais;

m - Número de pequenos elementos;

k - Número de vias de transmissão indireta.

Considerando que $\tau_e = \tau_s = 0$, a redução sonora aparente global, $R'w$, é determinada apenas a partir da transmissão direta e da transmissão por via marginal, sendo caracterizada pelos índices de redução sonora parciais R_{ij} , associados aos caminhos apresentados na Figura 2, através de:

$$R'w = 10 * \log(10^{-0,1 * R_{DD}} + \sum 10^{-0,1 * R_{Ff}} + \sum 10^{-0,1 * R_{Df}} + \sum 10^{-0,1 * R_{Fd}})$$

Onde os índices R_{ij} , expressos em dB, são determinados por:

$$R_{DD} = R_{Dd} + (\Delta R_{de} + 0,5 \Delta R_{dr})$$

$$R_{Ff} = 0,5(R_{fe} + R_{fr}) + \Delta R_{Ff} + K_{ff} + 10\log(S/L_f) \quad R_{Df} = 0,5(R_{fe} + R_{fr}) + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10\log(S/L_f)$$

$$R_{Fd} = 0,5(R_{fe} + R_{fr}) + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10\log(S/L_f)$$

$$R_{Df} = 0,5(R_{fe} + R_{fr}) + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10\log(S/L_f)$$

Onde:

$R_{F,w}$ - Índice de redução sonora do elemento marginal F, no compartimento emissor;

$R_{f,w}$ - Índice de redução sonora do elemento marginal f, no compartimento receptor;

$\Delta R_{Ff,w}$ - Acréscimo de isolamento sonoro, por introdução de um revestimento adicional, colocado nos elementos marginais do espaço emissor e/ou receptor;

$\Delta R_{Fd,w}$ - Acréscimo de isolamento sonoro, por introdução de revestimento adicional, colocado no elemento marginal do espaço emissor e/ou no elemento de separação, no lado do espaço receptor;

$\Delta R_{Df,w}$ - Acréscimo de isolamento sonoro, por introdução de revestimento adicional, colocado no elemento de separação no lado do espaço emissor e/ou no elemento marginal do espaço receptor;

K_{Ff} - Índice de redução de transmissão de vibrações pelo percurso Ff;

K_{Fd} - Índice de redução de transmissão de vibrações pelo percurso Fd;

K_{Df} - Índice de redução de transmissão de vibrações pelo percurso Df;

S_s - Área da superfície do elemento de separação (m^2);

l_f - Comprimento de linha de junção entre o elemento de separação e os elementos marginais F e f (m);

l_o - Comprimento de referência da linha de junção ($l_o = 1m$).

Para verificação de acordo com os órgãos regulamentadores o parametro utilizado é o $D_{nT,w}$, o qual corresponde à diferença padronizada de níveis sonoros, traduzida por:

$$D_{nT,w} = L_{p1} - L_{p2} + 10 \log \frac{T_2}{T_0}$$

Onde:

T_2 – É o tempo de reverberação do compartimento receptor e $T_0 = 0,5$ (s) é o valor de referência desse tempo de reverberação.

Para campos sonoros difusos, o parâmetro $D_{nT,w}$ relaciona-se com a redução sonora aparente R'_w por meio de:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 * \log\left(0,32 * \frac{V}{S_s}\right)$$

Onde:

V – É o volume do compartimento receptor;

S_s - É a área particionada do elemento a ser avaliado.

Para definição dos índices de redução sonora será utilizada a lei da massa na qual indica que o isolamento aumenta em aproximadamente 6dB para cada duplicação da massa. Esse aumento deve ser observado juntamente com o aumento do isolamento, em função da frequência, também de aproximadamente 6 dB por oitava. Porém essa lei não se aplica para qualquer frequência. A experiência mostra que, para frequências baixas, inferiores à de ressonância, o isolamento não segue a lei da massa e depende das características de rigidez do fechamento. Para frequências superiores a de ressonância, o isolamento é controlado pela lei da massa até uma certa frequência, onde se produz uma nova diminuição do isolamento.

Para frequências acima das primeiras frequências de ressonância do elemento construtivo de separação, a transmissão sonora é controlada pela massa superficial m'' do elemento de separação, tendo presente o facto de o comprimento de onda ser mais pequeno do que as dimensões do elemento (BERANEK, 2006). Neste trabalho, é válida a lei da massa, traduzida por um coeficiente de transmissão dado por:

$$\tau(\beta, f) = \left(\frac{\rho_0 c_0}{m'' f \pi \cos \beta}\right)^2$$

Onde:

m'' - Massa superficial do elemento de separação (kg/m²);

f - Frequência da onda sonora (Hz);

β - Ângulo de incidência das ondas no elemento de separação.

Simplificando a expressão, para condições de pressão e temperatura standard, verifica-se, que o correspondente índice de redução sonora é dado por:

$$R \approx 20 \log(m'' f \cos \beta) - 43$$

A incidência das ondas sonoras pode ser normal ($\beta=0^\circ$), a 45° (em fachadas) ou de ângulo variável e aleatório como ocorre nos campos difusos.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 DADOS ANALÍTICOS

A previsão do isolamento sonoro através de expressões analíticas vem sendo amplamente estudada visando resultados que traduzam a transmissão do som pelos painéis que se aproximem dos resultados experimentais. Para analisar os painéis maciços utilizou-se a Lei da Massa (FAHY, 1998; GERGES, 2000; KINSLER, 1982).

Os parâmetros utilizados são a frequência (f), em Hz, a densidade superficial (m), em kg/m², a densidade do ar (ρ_0), em kg/m³, e a velocidade do som no ar (c_0), em m/s, de acordo com a Equação a seguir:

$$PT = 10 \log \frac{mf\pi}{\rho c}$$

4.2 DADOS EXPERIMENTAIS

Para realização dos ensaios foi utilizado protetor auditivo devido ao alto nível de ruído gerado durante o procedimento.

Para caracterização do ambiente foram registrados os dados abaixo:

Temperatura: 23°C

Umidade: 63%

Primeiramente foram realizadas as medidas de ruído de fundo e após a coleta garantiu-se que o ruído gerado pelo amplificador era superior em 10 dB para realização das outras medições.

O número de pontos de medição avaliados em cada sala foi determinado em função das dimensões destes ambientes, cuidando-se sempre para respeitar a distância mínima de 1 m entre a parede e o microfone. O procedimento de medição utilizado para a determinação dos coeficientes de isolamento consistiu em gerar um sinal do tipo ruído rosa, com o analisador acústico BK 2250, amplificá-lo utilizando o amplificador de potência, para distribuí-lo pelo ambiente com a fonte sonora. As medições de tempo de reverberação foram realizadas com as salas sem mobílias e sem ocupantes na qual é a situação de entrega do imóvel.

Para determinação de um coeficiente único, que representa o resultado da medição dos parâmetros acústicos obtidos, é utilizado o método gráfico descrito na norma ISO 717-1, gerando os números únicos para cada elemento construtivo avaliado.

Após as medições em campo, os dados foram descarregados no software BZ 5503 que processa todos os dados medidos e fornece com precisão o valor único de isolamento sonoro. Esses foram processados de acordo com as normas ISO 140-4, ISO 140-5 e ISO 717-1.

A execução das medições foi uma tarefa que exigiu bastante esforço de logística e planejamento, devido ao transporte dos equipamentos, à distribuição destes no ambiente e ao ruído gerado durante o processo de medição.

As normas sugerem que para realização das medições a fonte sonora deve ser colocada de modo a gerar um campo o mais difuso possível, a uma distância do elemento a ser medido que faça com que a radiação direta sobre ele não seja dominante, para isso as medições foram realizadas a uma distância mínima de 1,5m. Foram medidos em cinco pontos no interior da sala, sempre respeitando a distância mínima de 0,7 m entre posições de medição e não formando grade entre posições.

Em todas as medições foram realizadas a verificação do ruído de fundo na sala receptora, pois, se a diferença entre este nível e o nível na sala receptora for menor que 3 dB, a medição não será válida, porque o nível não pode ser obtido. Porém se essa diferença estiver entre 3 dB e 10 dB, devem-se corrigir os valores pela tabela de correção das normas ISO 16283-1(2014) e ISSO 16283-3 (2016), no caso em estudo não foi necessária correção pois todos os níveis estavam acima de 10dB.

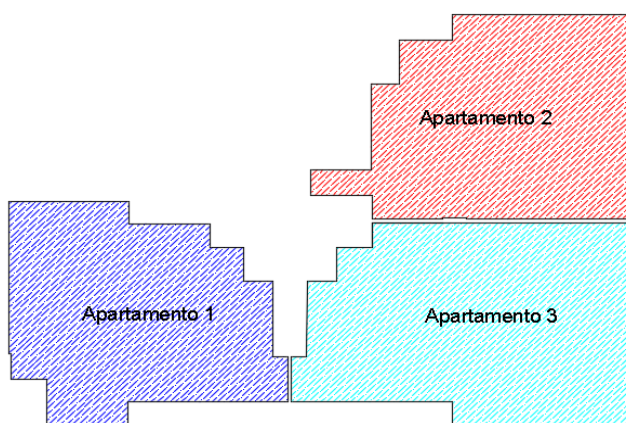
O procedimento de medição utilizado para a determinação dos coeficientes de isolamento entre cômodos consistiu em gerar um sinal do tipo ruído branco, com o analisador acústico BK 2250, amplificá-lo utilizando um amplificador de potência e, então, distribuí-lo pelo ambiente através de uma fonte sonora.

Foi também medido o tempo de reverberação para que fossem efetuadas as correções devido às áreas de absorção das salas de recepção. Para cada ponto de medição foram feitas cinco medições do tempo de reverberação e posteriormente calculada a média, conforme determinam as normas. Caso alguma medição obtivesse um desvio elevado a medição era descartada para que os valores fora da área de concentração fossem influenciados. Os dados foram processados pelo software acústico BZ 5503 – *Measurement Partner Suite*.

Como saída de dados, obtiveram-se os gráficos que apresentam os níveis de isolamento acústico dos cômodos avaliados em bandas de frequência de 1/3 de oitava e o número único de isolamento acústico destacado que foi calculado seguindo os preceitos da norma ISO 717-1(2013).

Para realização dos ensaios foram necessárias três unidades habitacionais.

Figura 4: Planta baixa dos apartamentos utilizados no estudo

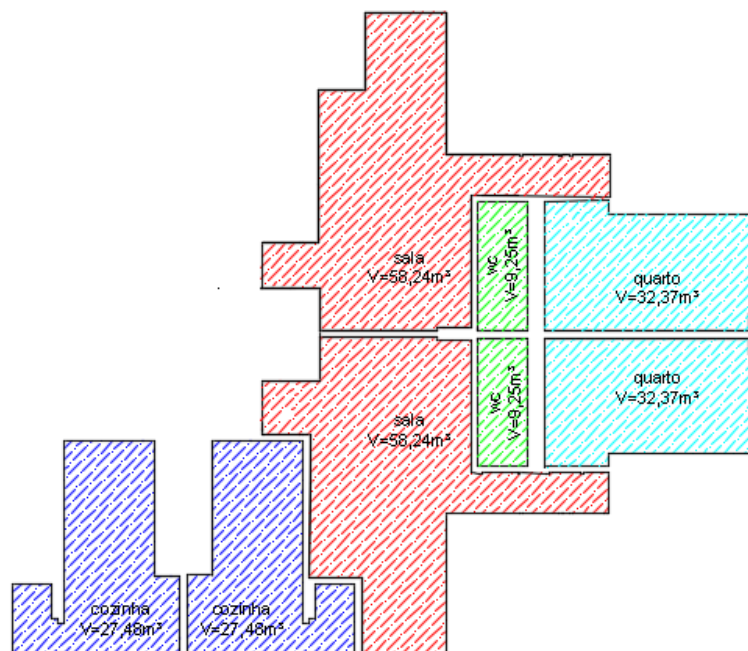


Fonte: Arquivo pessoal

Os elementos de separação das suítes e das salas são compostos de blocos de concreto de vedação com as dimensões de 14x19x39cm, preenchido com argamassa com traço de cimento e areia de 1:7, rebocadas em ambos os lados com reboco de 1,5cm e acabamento final em pintura. Já as paredes entre as cozinhas e o os banheiros (wc) são compostas de blocos de concreto de vedação com as dimensões de 14x19x39cm, preenchido com argamassa com traço de cimento e areia

de 1:7, rebocadas em ambos os lados com reboco de 1,5cm e acabamento final em cerâmica em ambos os lados.

Figura 5: Planta baixa do cômodos utilizados no estudo



Fonte: Arquivo pessoal

4.3 EQUIPAMENTOS

Os aparelhos utilizados foram:

- Medidor de nível sonoro de classe 1, marca Brüel & Kjaer, modelo 2250;
- Conjunto de microfones tipo free field $\frac{1}{2}$ " Brüel & Kjaer;
- Tripé para medidor;
- Calibrador acústico marca Briel & Kjaer
- Fonte sonora;
- Trena.

Para realização das análises utilizou-se o Software Measurement Partner Suit BZ-5503 Briel & Kjaer.

5 RESULTADOS

Após avaliação dos dados coletados foram descartadas as medições e os cálculos realizados para o elemento separador da cozinha. Isto ocorreu devido aos ambientes não oferecerem as condições mínimas para avaliação do elemento de vedação.

5.1 DADOS ANALÍTICOS

Cálculo do nível de isolamento do ruído aéreo para a partição de vedação WC/WC a partir do cálculo de transmissão direta e marginais.

Tabela 4 – Nível de isolamento ao ruído aéreo entre wc's

Contribuição direta									
Direto/ direto		Ss	V	R_{Dd}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	R_{DD}		
		2,86	9,25	46			46		
Contribuição Flanco/ direto									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{fd}	ΔK_{fd}	Ss	L	R_{fd}
1	39	46			0		2,86	2,6	42,91393
2	39	46			0		2,86	2,6	42,91393
3	50	46			0		2,86	1,1	52,14973
4	50	46			0		2,86	1,1	52,14973
Σ									190,1273
Contribuição Direto/ flanco									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{df}	ΔK_{df}	Ss	L	R_{df}
1	46	39			0		2,86	2,6	42,91393
2	46	39			0		2,86	2,6	42,91393
3	46	50			0		2,86	1,1	52,14973
4	46	50			0		2,86	1,1	52,14973
Σ									190,1273
Contribuição Flanco / flanco									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{ff}	ΔK_{ff}	Ss	L	R_{ff}
1	39	39			0		2,86	2,6	39,41393
2	39	39			0		2,86	2,6	39,41393
3	50	50			0		2,86	1,1	54,14973
4	50	50			0		2,86	1,1	54,14973
Σ									187,1273
Índice global de redução acústica aparente R'									46
DnT,w									46,14926

Cálculo do nível de isolamento do ruído aéreo para a partição de vedação SUÍTE/SUÍTE a partir do cálculo de transmissão direta e marginais.

Tabela 5 – Nível de isolamento ao ruído aéreo entre suítes

Contribuição direta									
Direto/ direto		Ss	V	R_{Dd}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	R_{DD}		
		11,765	32,37	46			46		
Contribuição Flanco/ direto									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{fd}	ΔK_{fd}	Ss	L	R_{fd}
1	39	46			0		11,765	2,6	49,05619
2	39	46			0		11,765	2,6	49,05619
3	50	46			0		11,765	4,52	52,15453
4	50	46			0		11,765	4,52	52,15453
Σ									202,4214
Contribuição Direto/ flanco									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{df}	ΔK_{df}	Ss	L	R_{df}
1	46	39			0		11,765	2,6	49,05619
2	46	39			0		11,765	2,6	49,05619
3	46	50			0		11,765	4,52	52,15453
4	46	50			0		11,765	4,52	52,15453
Σ									202,4214
Contribuição Flanco / flanco									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{ff}	ΔK_{ff}	Ss	L	R_{ff}
1	39	39			0		11,765	2,6	45,55619
2	39	39			0		11,765	2,6	45,55619
3	50	50			0		11,765	4,52	54,15453
4	50	50			0		11,765	4,52	54,15453
Σ									199,4214
Índice global de redução acústica aparente R'									46
DnT,w									45,44701

Cálculo do nível de isolamento do ruído aéreo para a partição de vedação SALA/SALA a partir do cálculo de transmissão direta e marginais.

Tabela 6 – Nível de isolamento ao ruído aéreo entre salas

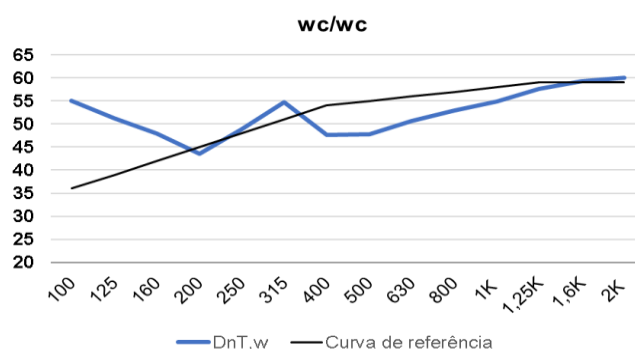
Contribuição direta									
Direto/ direto		Ss	V	R_{Dd}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	R_{DD}		
		6,78	58,24	46			46		
Contribuição Flanco/ direto									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{fd}	ΔK_{fd}	Ss	L	R_{fd}
1	39	46			0		6,78	2,6	46,66256
2	39	46			0		6,78	2,6	46,66256
3	50	46			0		6,78	2,61	52,14589
4	50	46			0		6,78	2,61	52,14589
Σ									197,6169
Contribuição Direto/ flanco									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{df}	ΔK_{df}	Ss	L	R_{df}
1	46	39			0		6,78	2,6	46,66256
2	46	39			0		6,78	2,6	46,66256
3	46	50			0		6,78	2,61	52,14589
4	46	50			0		6,78	2,61	52,14589
Σ									197,6169
Contribuição Flanco / flanco									
i	R_{fe}	R_{fr}	ΔR_{de}	ΔR_{dr}	ΔR_{ff}	ΔK_{ff}	Ss	L	R_{ff}
1	39	39			0		6,78	2,6	43,16256
2	39	39			0		6,78	2,6	43,16256
3	50	50			0		6,78	2,61	54,14589
4	50	50			0		6,78	2,61	54,14589
Σ									194,6169
Índice global de redução acústica aparente R'									46
DnT,w									50,39142

5.2 DADOS EXPERIMENTAIS

Obtiveram-se as figuras 6, 7, 8 e 9 que apresentam o isolamento acústico avaliados em bandas de frequência de 1/3 de oitava, e o número único de isolamento acústico, seguindo os preceitos da norma ISO 717-1, calculado automaticamente pelo software BZ 5503.

Medição em campo realizada entre WC/WC seguindo os métodos descritos nas normas vigentes.

Figura 6: Medição do nível de diferença padronizada entre WC

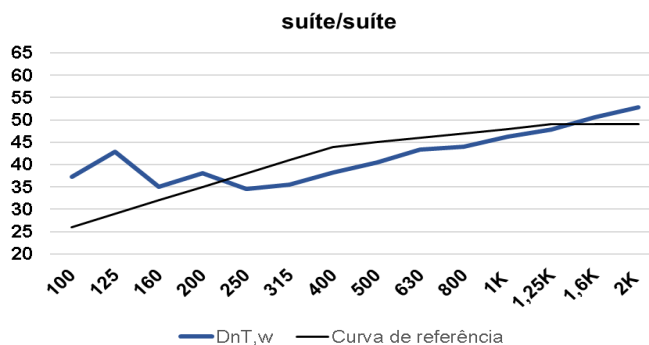


Diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w :

Exigido ≥ 40 dB / Obtido = 55dB

Medição em campo realizada entre SUÍTE/SUÍTE seguindo os métodos descritos nas normas vigentes.

Figura 7: Medição do nível de diferença padronizada entre suítes

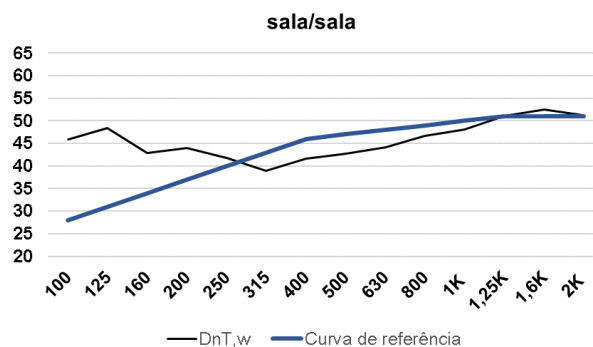


Diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w :

Exigido ≥ 45 dB / Obtido = 45dB

Medição em campo realizada entre SALA/SALA seguindo os métodos descritos nas normas vigentes.

Figura 8: Medição do nível de diferença padronizada entre salas

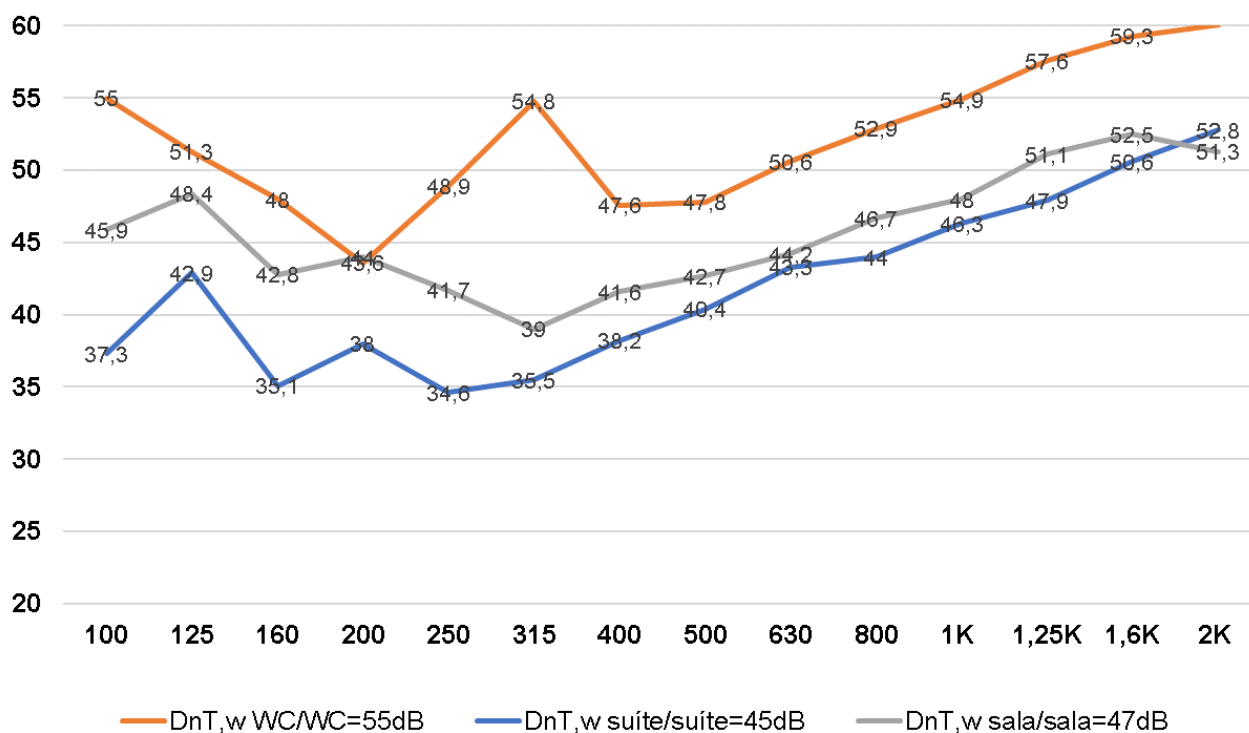


Diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w :

Exigido ≥ 40 dB / Obtido = 47dB

Os valores do ensaio de isolamento por frequência para cada ambiente realizado no estudo estão apresentados na Figura a seguir:

Figura 9: Medição do nível de diferença padronizada



6 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho foi possível observar que as medições *in situ* são importantes, uma vez que elas apresentam o desempenho real dos ambientes e elementos construtivos como o presente caso de desempenho referente ao isolamento acústico.

A revisão bibliográfica e o estudo da Norma NBR 15575- Edificações Habitacionais – Desempenho, bem como a ferramenta elaborada para verificação dos níveis de desempenho acústico apresentou uma alternativa às medições, que é o cálculo dos níveis de isolamento sonoro. Essa alternativa é relevante, pois permite avaliar acusticamente a edificação ainda na fase de projeto e também simular possíveis modificações para solucionar deficiências de desempenho apresentadas e com isso diminuir o custo com as intervenções.

Em relação ao Nível de Desempenho vale ressaltar que a execução é um dos fatores que mais influenciam o desempenho final da edificação, como volume dos ambientes, utilizado para corrigir o índice de isolamento; características dos materiais, espessuras e densidade dos mesmos, que interferem no coeficiente de absorção sonora, disposição das esquadrias e a vedação das mesmas, sendo que qualquer fresta é um caminho livre para passagem de som.

Dentre as quatro medições realizadas, três obtiveram resultados positivos, dentro do requisito mínimo estipulado pela Norma de Desempenho e sendo que entre banheiros obtivemos um excelente resultado e entre cozinhas não foi possível atingir o resultado esperado devido a esquadria existente possuir aberturas e impossibilitar a medição do elemento.

O elemento de separação dos banheiros possui o nível de isolamento alto devido a ser um ambiente completamente confinado sem aberturas (janelas), estas nas quais influenciam diretamente neste quesito.

Além dos aspectos ambientais e do atendimento aos usuários, a aplicação do conceito de desempenho também pode ser uma boa oportunidade para a melhoria da qualidade das habitações e da otimização dos recursos, desta forma, concluímos que os estudos de novos sistemas de vedação são fundamentais para a otimização das soluções adotadas nas novas edificações.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho, parte 1 a 6. Rio de Janeiro: 2013.

BARRY, P. J. Apostila do mini-curso: Desempenho Acústico em Edifícios Habitacionais, XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), Belo Horizonte, Minas Gerais, 26 a 29 de novembro de 2008.

BERANEK, Leo L.; VER, Istvan L. Noise and vibration control engineering-principles and applications. Noise and vibration control engineering-Principles and applications John Wiley & Sons, Inc., 814 p., 1992.

JÚNIOR, O. J. S; SILVA, J. J. R; PINHEIRO, M. A. S. Desempenho Acústico De Divisórias Verticais Em Blocos De Gesso: Uma Avaliação A Partir De Medições De Campo E Em Laboratório. Parc Research In Architecture And Construction, 2015.

ISO 140-1 (1998), Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and building elements – Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission, British Standard.

ISO 140-4, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms, International Organization for Standardization, 1998.

ISO 717-1, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation, International Organization for Standardization, 1996.

ISO 717-2, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements - Part 2: Impact sound insulation, International Organization for Standardization, 1996.

ISO 10052, Acoustics – Field measurements of airborne and impact sound insulation and of equipment sound - Survey method, International Organization for Standardization, 2004.

ISO 15186, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity, International Organization for Standardization.

ISO 18233, Acoustics – Application of new measurement methods in building and room acoustics, International Organization for Standardization, 2006.

MICHALSKI, R. L. X. N. Metodologias Para Medição De Isolamento Sonoro Em Campo E Para Expressão Da Incerteza De Medição Na Avaliação Do Desempenho Acústico De Edificações. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

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

PAIXÃO, D. X. Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando Análise Estatística de Energia (SEA). 2002. 182 f. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.

ANEXO A

Brüel & Kjær 

BEYOND MEASURE

LACEL B&K - Laboratório de Acústica
Spectris do Brasil Instrumentos Eletrônicos Ltda
Rua Laguna, 276 Jardim Caravelas - São Paulo / SP
CEP: 04728-000
Telefone: (11) 5188-8165
e-mail: sac@bksv.com

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado N°: CBR1500549

página 1 de 9

CALIBRAÇÃO DO CONJUNTO:

Medidor de Nível Sonoro:	Brüel & Kjær	2250	N° série: 2709669	Identificação: ---
Microfone Capacitivo:	Brüel & Kjær	4189	N° série: 2695612	
Pré-amplificador:	Brüel & Kjær	ZC-0032	N° série: 12579	

CLIENTE:

Implante de Acústica Indústria e Comércio Ltda
ADECN Q.01 Conjunto B Lote 05 - Ceilândia / DF
72237-120



Processo LACEL B&K: 208/15

CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO:

Pré-condicionamento: 4 horas em $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Condições ambientais estão descritas nas páginas seguintes e dentro das tolerâncias mencionadas abaixo:
Temperatura ambiente: $\pm 3 ^\circ\text{C}$
Pressão atmosférica: $\pm 1 \text{ kPa}$
Umidade relativa: $\pm 20 \%$

PROCEDIMENTO:

O Medidor de Nível Sonoro foi calibrado de acordo com os requisitos especificados na IEC 61672-3:2006 para Tipo 1.

DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA:

Procedimento de calibração BPC 12r08 para Medidor de Nível Sonoro, utilizando o Sistema de Calibração B&K 3630.
Formulário padronizado - BFC SLM 02r01

INFORMAÇÕES:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k=2$, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.

Este certificado é válido apenas para o objeto calibrado e não pode ser reproduzido parcialmente sem autorização prévia.

Data da calibração: 12/08/2015

Data de emissão: 13/08/2015




Marcos Allegretti
Responsável pela Calibração



Marcos Allegretti
Signatário Autorizado

ANEXO B

 Brüel & Kjær <small>creating sustainable value</small>	<i>Spectris do Brasil Instrumentos Eletrônicos Ltda</i> LACEL B&K - Laboratório de Acústica Rua Laguna, 276 Jardim Caravelas - São Paulo / SP CEP: 04728-000	Fone: (11) 5188-8165 Fax: (11) 5188-8168 e-mail: sac@bksv.com
	Página 1 de 2	

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO


Certificado Nº: CBR1500550

CALIBRAÇÃO DE:

Modelo:	MSL-1326	Código de Identificação:	—
Descrição:	Calibrador Acústico	Classe aplicada:	2
Número de série:	MS1326000186	Normas aplicadas:	IEC 60942:2003
Fabricante:	Minipa		

CLIENTE:

Implante de Acústica
 Quadra 01 Conjunto B Bloco B Lote 05
 Bairro Ceilândia - Brasília / DF
 72237-100



Processo LACEL B&K nº 208/15

CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO:

Condições ambientais:	Temperatura ambiente:	(22,2 ± 3) °C
	Pressão atmosférica:	(93,99 ± 1) kPa
	Umidade relativa do ar:	(55,3 ± 10) %

DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA:

Procedimento de calibração BPC 22r03 para Calibrador Acústico, utilizando o Sistema de Calibração B&K 7794.
 Código da calibração utilizado no programa de controle: MSL-1326-BR
 Formulário padronizado – BFC CNS 04r01

RESULTADO:

<input type="checkbox"/> Calibração inicial	<input type="checkbox"/> Calibração antes do ajuste
<input checked="" type="checkbox"/> Calibração sem ajuste	<input type="checkbox"/> Calibração após ajuste

INFORMAÇÕES:

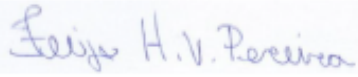

Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

Declaramos que o ajuste não faz parte do escopo da acreditação do laboratório junto a Cgcre.

Este certificado é válido apenas para o objeto calibrado e não pode ser reproduzido parcialmente sem autorização prévia.

Cgcre is a signatory of the ILAC and IAAC to Mutual Recognition Arrangement and the Bilateral Agreement on Mutual Recognition with EA.

Data da calibração: 12/08/2015	Data de emissão: 12/08/2015
--------------------------------	-----------------------------

 <hr/> Felipe Pereira Responsável pela Calibração	 <hr/> Marcos Allegretti Signatário Autorizado
--	--