

Análise de Parâmetros Acústicos em Edificações de Ensino e Pesquisa Utilizando a NBR 15.575: Um Estudo de Caso

BRAGA NETO, G. A. N.; QUIXABA, G. S.; GUIMARÃES, J. M. F.; CONTENTE, C.O.; ALENCAR, W.L.M.; SÁ, D.T.; MELO, G.S.V.; SOEIRO, N. S.; SETUBAL, F. A. N*.

*Grupo de Vibrações e Acústica, Universidade Federal do Pará, Belém,PA, gmelo@ufpa.br

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo acústico de edificações utilizadas para ensino e pesquisa da Universidade Federal do Pará. Tomou-se como base os procedimentos propostos na norma NBR 15.575 que caracteriza o desempenho de edificações habitacionais, considerando os recintos como unidades habitacionais autônomas em que pelo menos um dos ambientes seja um dormitório, para que os resultados encontrados fossem compatíveis com o da norma. Após realizadas as medições em todos os ambientes propostos, os níveis de desempenho e conforto acústico foram considerados satisfatórios, de acordo com a norma utilizada como referência.

Palavras-chave: NBR 15575; Ruído de Impacto. Ruído Aéreo. Desempenho Acústico. Edificações.

1. Introdução

Dependendo do tipo de ambiente, como hospitais e salas de aula, faz-se necessário um combate maior à poluição sonora. Em salas de aula, tendo em vista que atividades de pesquisa e ensino demandam maior concentração, para que haja uma maximização da produção do conhecimento e também do aprendizado, o controle da poluição sonora é requerido em ambientes acadêmicos, como em edificações presentes em uma universidade por exemplo.

Com base nos dados da Organização Mundial de Saúde OMS, a poluição sonora é a segunda maior poluição que afeta a população mundial, ficando atrás apenas da poluição da água (Who, 2010). E segundo Bistafa (2011), a maioria dos ruídos geram efeitos indesejáveis e prejudiciais à saúde do ser humano, como por exemplo: danos fisiológicos, pois em níveis elevados, o ruído pode causar perdas auditivas além de aumento na pressão arterial; podem causar danos psicológicos como incômodos, stress, perda de sono e falha na concentração, além de danos mecânicos e falhas estruturais.

Dentro do âmbito habitacional, diversos autores realizaram trabalhos visando a análise da perda de transmissão entre ambientes, Kalef (2001) por exemplo, realizou um trabalho que apresentou a solução para o empreendimento em fase de projeto, focando no sistema de pisos flutuantes e utilizando a lã de vidro como material resiliente. Esse método, apesar de não eliminar totalmente o ruído, apresentou excelentes resultados e constatou que a

melhor forma de reduzir o ruído de impacto é através do amortecimento. Já Yabiku (2010) apresentou um trabalho relacionado ao desempenho acústico de paredes compostas, utilizando a mesma norma utilizada neste trabalho, concluindo a forte influência do posicionamento das portas e janelas para a correta avaliação acústica do Dnt,w de uma parede composta.

No que concerne à ambientes para estudo, Marros (2011) utilizou diversas considerações para realizar a caracterização acústica de salas utilizadas na prática de ensino musical. Em seu trabalho, foi utilizada a norma ISO 3382 de procedimento aplicada à auditórios e como resultado constatou que a maioria das salas analisadas apresentaram péssimo desempenho acústico, influenciando negativamente o processo de aprendizagem.

Mesmo se fazendo necessário o controle de ruídos em salas de aula, não existem normas específicas para o desempenho de edificações na qual se desenvolvem atividades acadêmicas e de pesquisa. Por conta disso, um estudo quanto ao isolamento de ruído aéreo e de impacto foi realizado em três prédios de pesquisa e ensino da Universidade Federal do Pará (UFPA), se utilizando da norma NBR 15.575 que trata de edificações habitacionais. Para a análise de resultados obtidos foi considerado que cada recinto analisado se comporta como uma unidade habitacional autônoma em que pelo menos um dos ambientes fosse um dormitório. Essa consideração foi feita, pois ao avaliar a geometria do recinto, seus conteúdos internos (móveis, equipamentos, etc.) e o nível de concentração que

os usuários necessitam, ficou mais próximo da realidade considerá-lo de tal maneira.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Acústica Arquitetônica

Atualmente, a preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também o controle de ruído e preservação da qualidade ambiental. A questão acústica urbana passou a ter mais importância do que até então, pois o número de fontes produtoras de ruído é cada vez maior, e as consequências desses ruídos para o homem são cada vez mais prejudiciais (SOUZA et al., 2009). Ela está ligada ao condicionamento e a isolamento acústico de edificações em geral. Tal condicionamento pode ser feito por meio de experimentos ou por meio de simulações utilizando um modelo computacional para se obter os parâmetros acústicos desejados.

No caso de edificações, o ruído pode ser gerado por diversas fontes, como as aéreas e/ou as estruturais. O som gerado por uma conversa, por instrumentos musicais, por equipamentos ou tráfego urbano são exemplos de fontes de ruído aéreo. Já o impacto em pisos e o ruído hidráulico são exemplos de ruído estrutural. Este, portanto, é gerado por vibrações devido a impactos e/ou excitações dinâmicas de diversas naturezas, em componentes da edificação; pisos, paredes, coberturas, entre outros.

2.2. Isolação Entre Paredes

Uma parede colocada entre dois recintos age de modo a atenuar a propagação de energia sonora de um ambiente para o outro (GERGES, 1992). Isso ocorre por conta da frente de onda sofrer uma mudança duas mudanças de meio ar/parede e parede/ar e sempre que há uma mudança de um meio para outro com características distintas, há uma redução da intensidade sonora entre recintos (BISTAFA, 2011).

Segundo Gerges (1992), as características de materiais ou dispositivos para isolamento acústico (enclausuramentos, divisórias, etc.) podem ser estabelecidas através das seguintes grandezas físicas: Perda de transmissão (PT) e/ou Diferença de Nível.

A norma NBR 15.575 estabelece que a grandeza física utilizada seja a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D'nT,w$).

2.3. Isolação de Ruído de Impacto

O ruído de impacto em edificações tem origem na excitação da laje por contato, causado pela queda de um objeto por exemplo. A laje irá irradiar energia sonora em ampla faixa de frequências, pois o impacto sofrido irá causar-lhe movimento vibratório.

Para que haja uma redução do ruído de impacto entre um ambiente superior e um inferior teoricamente se poderia aumentar a espessura da laje, porém é uma alternativa inviável, pois os custos seriam mais elevados e poderia gerar problemas estruturais na edificação. A alternativa mais é a introdução de um material resiliente entre a laje estrutural e o contra piso (GERGES, 1992).

A norma NBR 15.575 estabelece que a grandeza física a ser utilizada para medir a capacidade de uma laje em transmitir sons de impacto é o Nível de pressão sonora padrão de impacto ($L'nT,w$).

2.4. Análise de Desempenho Acústico em Edificações

Avaliar edificações quanto a qualidade acústica de seus ambientes está intimamente relacionada ao conforto e segurança de seus usuários. Um ambiente acusticamente confortável visa proporcionar silêncio (isolação) e atenuação dos níveis de maneira psicologicamente agradável, pois um ambiente muito silencioso se torna uma experiência incomoda, e níveis elevados prejudicam o entendimento e concentração, e baixa atenuação sonora dificulta a inteligibilidade da fala.

Como a NBR 15.575 avaliar unidades habitacionais, esse trabalho estabeleceu uma suposição entre ambientes institucionais e de habitações para realizar uma analogia entre os mesmos, por exemplo, um acadêmico em sala de aula necessita de um nível sonoro semelhante de um morador em seu dormitório. Levanto em conta que morador e usuário buscam experiências acústicas próximas, mas com objetivos diferentes, pode ser utilizar dos critérios da NBR 15.575, conseqüentemente os resultados encontrados são análogos para a tipologia de edificação investigada.

3. Metodologia

3.1. Realização dos ensaios

Os instrumentos utilizados para a medição do ruído aéreo de impacto foram:

- Analisador do nível de pressão sonora tipo 2260, Brüel e Kjaer, certificado de calibração 25/09/2014;
- Calibrador tipo 4231, Brüel e Kjaer, certificado de calibração 25/09/2014;
- Tapping machine, Brüel & Kjaer, type 3207;
- Microfone do tipo campo difuso, tipo 4189, Brüel & Kjaer, sensibilidade 51,5 mV/Pa, nível de confiança 95%;
- Pré-amplificador tipo 2716, Brüel & Kjaer;
- Fonte dodecaédrica tipo 4296, Brüel & Kjaer;

Foram realizados ensaios de desempenho acústico em três edificações da UFPA: o prédio da Faculdade Engenharia Naval (FENAV) e da Pós-Graduação do Instituto de Tecnologia (PGITEC).

Em cada prédio foram escolhidos três recintos de modo que dois deles ficassem imediatamente lado a lado, e outros dois imediatamente um acima do outro, como mostra a Figura (1).



Figura 1: Disposição dos recintos

Fonte: Adaptado de SANTANA, 2015.

Assim, a sala A se comporta como emissora do ruído aéreo entre pisos e o de impacto, a sala B como emissora do ruído aéreo entre paredes e a sala C como a receptora dos ruídos.

3.2. Procedimentos normalizados

3.2.1. Para o ensaio de ruído de impacto

Os ensaios foram realizados seguindo os procedimentos da norma ISO 140-7, que trata sobre ruído de impacto. O $L'nT$ é obtido segundo a equação:

$$L'nT = L_i + 10 \log (T/T_0) \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

- L_i é o NPS medido na sala emissora;
- T é o tempo de reverberação da sala receptora;
- T_0 é o tempo de reverberação de referência, 0,5 segundos;

O ruído de impacto é provocado pela Tapping machine. Ela foi posicionada em quatro pontos distintos no piso da sala emissora, enquanto que na sala receptora foram utilizadas quatro posições aleatórias de microfone cada uma a 1,2 metros do piso, para cada posição da Tapping machine, totalizando 16 medições. Os valores de NPS L_i foi obtidos tirando uma média logarítmica dos resultados das 16 medições.

Além dos valores de L_i , segundo a norma, se faz necessário obter as características reverberantes da sala receptora medindo-se o tempo de reverberação (T) na

de Artes Visuais (FAV), da Faculdade de

mesma. Para tanto foram utilizadas 3 posições aleatórias e distintas de fonte sonora a 1,5 m do piso e a 1 m de qualquer superfície refletora (paredes, móveis, etc.), e duas posições distintas de microfone a 1,2 m do piso e a 1 m de qualquer superfície refletora, para cada posição de fonte, totalizando 6 medições de tempo de reverberação. Desses dados foi retirada uma média e obtiveram-se os valores de T por banda de 1/3 de oitava.

Segundo ISO 140-7, quando a diferença entre o nível de ruído de impacto na sala receptora e o nível de ruído de fundo for menor que 10 dB, é necessário utilizar uma tabela de correção fornecida por esta. No caso da diferença entre o ruído de fundo e o nível de ruído de impacto ser menor que 3 dB, é impossível realizar este experimento e obter resultados satisfatórios (SANTOS, 2015). Isso é válido também para o ensaio de ruído aéreo.

De posse dos valores de $L'nT$ por banda de frequência, são utilizados os procedimentos da norma ISO 717-2 para caracterizar o sistema de isolamento ensaiado. Tal norma irá nos fornecer um valor único que corresponderá ao valor da frequência 500 Hz e representará o desempenho acústico ($L'nTw$).

De acordo com a ISO 717-2, para avaliar os resultados de uma medição de $L'nT$ em bandas de um terço de oitava (de preferência dadas com uma casa decimal), é utilizada uma curva de referência, onde são deslocados os valores da curva em passos de 1 dB para a curva medida até que, dividindo-se a soma dos desvios desfavoráveis (curva medida menos a curva da norma) por parte do número total de frequências de medição, obtenha-se um valor menor que 2 dB. A norma também prevê que se anotem as frequências onde o valor da diferença entre as curvas seja maior que 8 dB (SANTOS, 2015). Na tabela 1 são mostrados os valores de referência da curva.

3.2.2. Para os Ensaio de Ruído Aéreo

Os ensaios foram realizados seguindo os procedimentos da ISO 140-4, que aborda o ruído aéreo. Os valores por banda de frequência em 1/3 de oitava $D'nT$ são obtidos pela equação:

$$D'nT = L_1 - L_2 + 10 \log (T/T_0) \quad [\text{Eq. 02}]$$

Onde:

- L_1 é o NPS medido na sala emissora;
- L_2 é NPS medido na sala receptora;
- T é o tempo de reverberação da sala receptora;
- T_0 é o tempo de reverberação de referência, 0,5 segundos.

Tabela 1: Curvas de referência para o cálculo do ruído aéreo

Frequência (Hz)	L'nT – ISO 717-2 (dB)
100	62
125	62
160	62
200	62
250	62
315	62
400	61
500	60
600	59
800	58
1000	57
1250	54
1600	51
2000	48
2500	45
3150	42

Fonte: Autoria própria.

O ruído aéreo é gerado por uma fonte sonora dodecaédrica. Os valores de L1 são encontrados posicionando a fonte na sala emissora em duas posições aleatórias e distintas a 1,5 m do solo e a 1 m qualquer superfície refletora, e três posições de microfone também na sala emissora a 1,2 m do solo e a 1 m de qualquer superfície refletora, para cada posição da fonte.

Os valores de L2 são encontrados posicionando a fonte em duas posições aleatórias e distintas a 1,5 m do solo e a 1 m de qualquer superfície refletora da sala emissora, e três posições de microfone na sala receptora a 1,2 m do solo e a 1 m de qualquer superfície refletora, para cada posição da fonte.

Além dos valores de L1 e L2, segundo a norma, se faz necessário obter as características reverberantes da sala medindo-se o tempo de reverberação (T) na sala receptora. Para os ensaios

de ruído aéreo o T é obtido da mesma maneira que nos ensaios de impacto.

De posse dos valores em dB por banda de frequência dos D'nT são utilizados os procedimentos da norma ISO 717-1 para caracterizar o sistema de isolamento ensaiado. Tal norma irá nos fornecer um valor único que representará o desempenho acústico (D'nTw).

Os procedimentos para obtenção do D'nTw são semelhantes ao da norma ISO 717-2, no entanto utiliza a Tabela 2.

Tabela 2: Curvas de referência para o cálculo do ruído aéreo

Frequência (Hz)	D'nT – ISO 717-1 (dB)
100	33
125	36
160	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
600	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56
2000	56
2500	56
3150	56

Fonte: Autoria própria.

4. Resultados

Abaixo encontramos a tabela com os valores de D,nTw determinados pela NBR 15.575 quanto ao isolamento do ruído aéreo entre paredes para uma unidade habitacional autônoma com pelo menos um dos recintos sendo um dormitório:

Tabela 3: Valores de D'nTw quanto ao ruído aéreo entre paredes segundo a NBR 15.575.

Elemento	D'nTw (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação) no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S

Fonte: Autoria própria.

Abaixo encontramos a tabela com os valores de D'nTw determinados pela NBR 15.575 quanto ao isolamento do ruído aéreo entre lajes, para uma unidade habitacional autônoma com pelo menos um dos recintos sendo um dormitório:

Tabela 4: Valores de D'nTw quanto ao ruído aéreo entre lajes segundo a NBR 15.575.

Elemento	D'nTw (dB)	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja um dormitório.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S

Fonte: Autoria própria

Tabela 5: Valores de L'nTw quanto ao ruído de impacto segundo a NBR 15.575.

Elemento	D'nTw (dB)	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos.	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤55	S

Fonte: Autoria própria

Abaixo encontramos a tabela com os valores de L'nTw determinados pela NBR 15.575 quanto ao isolamento do ruído de impacto entre lajes, para

uma unidade habitacional autônomas posicionadas em pavimentos distintos:

Para avaliar os valores de L'nT obtidos, foi utilizada a curva de referência dada na ISO 717-2 (Tabela 1). Com isso gerou-se o gráfico abaixo:

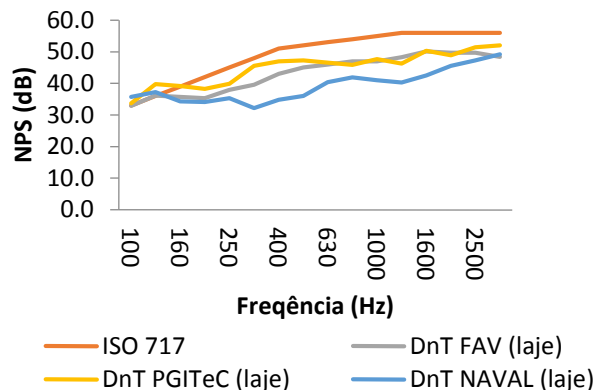


Figura 2: Gráfico de comparação entre os valores de ruído impacto entre em relação à curva padrão da ISO 717-2

Fonte: Autoria própria.

Para avaliar os valores de D'nT para o isolamento de ruído aéreo entre lajes (Figura 18) e o isolamento de ruído aéreo entre paredes (Figura 19), foi utilizada a curva de referência dada na ISO 717-1 (Tabela 2). Com isso gerou-se o gráfico abaixo.

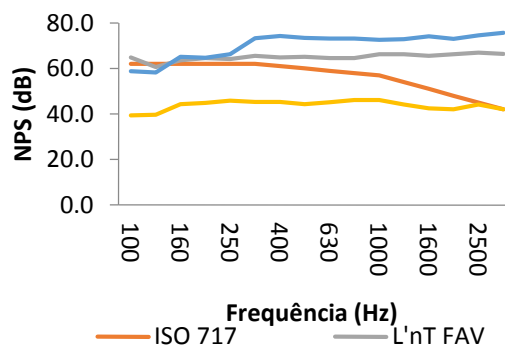


Figura 3: Gráfico de comparação entre os valores de ruído aéreo entre paredes em relação à curva padrão da ISO 717-1.

Fonte: Autoria própria.

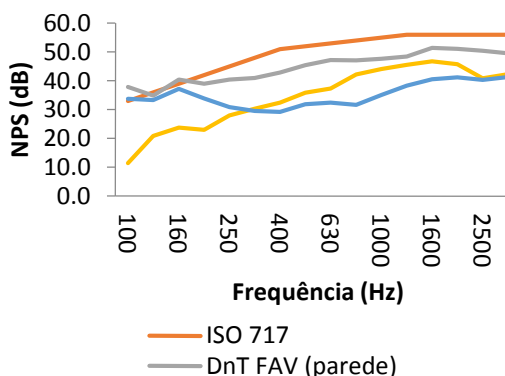


Figura 4: Gráfico de comparação entre os valores de ruído aéreo entre paredes em relação à curva padrão da ISO 717-1.

Fonte: Autoria própria.

Após a análise dos gráficos obtiveram-se os valores de $L'nTw$ e $D'nTw$ que correspondem a 500 Hz. O resumo dos resultados encontra-se na tabela abaixo.

Tabela 6: Resumo dos resultados de desempenho acústico.

Níveis Ponderados	FAV	PGITEC	NAVAL
DnT,w (entre sistemas de piso)	47 (dB)	48 (dB)	41 (dB)
DnT,w (entre paredes)	49 (dB)	38 (dB)	36 (dB)
$L'nT,w$	66 (dB)	45 (dB)	67 (dB)

Fonte: Autoria própria.

Comparando os valores da tabela 6 com os estabelecidos pela norma constatou-se que em todos os prédios os valores de $D'nTw$ e $L'nTw$ ficaram dentro da norma.

5. Conclusões

Levando em conta com as considerações realizadas os três prédios estudados na UFPA, conclui-se, que os três encontram-se dentro dos valores propostos, quanto aos parâmetros analisados. Nota-se também que a consideração feita a para a comparação dos valores de isolamento que os prédios estudados apresentam é válida, pois a qualidade do isolamento do ruído para ambos deve ser semelhante tendo em vista o nível de concentração exigido, a geometria das salas estudadas (volume, disposição de portas e janelas, etc) os seus conteúdos internos (mesas, cadeiras, armários, etc).

Nota-se, a importância de uma ampliação das normas brasileiras de desempenho acústico, para que os projetos arquitetônicos de prédios com finalidade de pesquisa e ensino levem em consideração um planejamento acústico mais elaborado.

Referências

[1] WHO, (WORLD HEALTH ORGANIZATION); **International society of hypertension guidelines for the management of hypertension. Guidelines Subcommittee**, 2010.

[2] BISTAFA, S.R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgar Blücher, 2011.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575: Desempenho de Edifícios habitacionais**. Rio de Janeiro. 2013.

[4] KALEF, A. DE M. **Isolamento Acústico ao Ruído de Impacto em Edifícios Habitacionais**, Trabalho de Conclusão de Curso, UDESC, 2011.

[5] YABIKU, A. T., **Desempenho Acústico de Paredes compostas**, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP (2011).

[6] MARROS, F., **Caracterização Acústica de Salas Para Prática de Ensino Musical**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

[7] SOUZA, LÉA C. L.; ALMEIDA, MANUELA G.; BRAGANÇA, LUÍS; **Bê-a-bá da acústica arquitetônica**, São Carlos: Edufscar, 2009.

[8] GERGES S. N. Y. **Ruído Fundamentos e Controle**. Florianópolis: [s.n], 1992.

[9] SANTANA, W.B. Avaliação do Desempenho acústico de **Vedações Verticais e Horizontais em Edificações Residenciais segundo a NBR 155575 (ABNT, 2014)**. Qualificação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFPA. Belém, 2015.

[10] SANTOS, W.S. **Estudo do uso de tecnologias alternativas em pisos para controle de ruído de impacto em edificações**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFPA. Belém, 2015