

AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO EM SALA DE AULA: ESTUDO DE CASO BLOCO C67 UEM

Renata Mazzaro Mucillo (PIC/Uem), Maria Isabel Pedrosa Custódio, Aline Lisot (Orientadora), e-mail: renata.mucillo@hotmail.com.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia/Maringá, PR.

Área engenharia civil e subárea construção civil

Palavras-chave: tempo de reverberação, absorção sonora, aprendizagem.

Resumo:

O estudo sobre conforto acústico em salas de aula é fundamental, pois o condicionamento acústico destas influencia diretamente no processo de aprendizagem dos alunos. Em ambientes destinados ao uso acadêmico, quando o tempo de reverberação e o isolamento sonoro não estão de acordo com os padrões prescritos por normas, o ruído gerado poderá interferir na forma como o aluno compreende o professor. O presente trabalho avaliou a acústica de uma sala de aula do Bloco C67 da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Os resultados foram comparados com os valores recomendados por normas nacionais e internacionais. Utilizou-se o método do ruído interrompido para a determinação do tempo de reverberação. Os valores não se apresentaram completamente satisfatórios, portanto foi proposto um projeto para correção acústica do ambiente.

Introdução

A acústica é muito importante para a qualidade do espaço e para a qualidade de vida das pessoas. A falta de conforto acústico de um ambiente pode ser causada por ruídos e outros fatores que são passíveis de controle por meio de artifícios relacionados à função que o ambiente possui.

Inteligibilidade é a capacidade de um som ser compreendido. Um dos fatores responsáveis pela inteligibilidade da comunicação é o tempo de reverberação, que não pode ser excessivo, para não provocar sobreposição de sons, nem muito baixo a ponto de não haver clareza na fala.

Em relação à acústica de salas, mais especificamente as salas de aula em um ambiente acadêmico, existem pesquisas que mostram como o desempenho acústico pode afetar o processo ensino-aprendizagem. Bernardi (2001) afirma que uma boa acústica é imprescindível para um bom desempenho acadêmico. A falta de um bom desempenho acústico pode gerar falhas no aprendizado e pode afetar psicologicamente os docentes, discentes e demais envolvidos.

No Brasil, não existem diretrizes a respeito de como uma escola deva ser projetada, levando-se em conta os parâmetros acústicos para conforto,

como tempo de reverberação e isolamento acústico. A norma brasileira NBR 10152 (2017) é a única a estabelecer uma diretriz, ou seja, um valor mínimo e um valor máximo aceitável para o ruído ambiente dentro de uma sala de aula desocupada.

Neste contexto, fez-se, por meio desta pesquisa, a avaliação de uma sala de aula do campus sede da UEM em relação às suas características acústicas, tendo sido avaliado o tempo de reverberação.

Materiais e métodos

O tempo de reverberação da sala 106 do Bloco C67 da UEM foi avaliado por meio da aplicação do método do ruído interrompido, com a emissão de ruído rosa, e seguindo as recomendações da norma ISO 3382-2 (2008). O Bloco C67 possui três pavimentos e é de estrutura de concreto armado moldado *in loco* com vedação de alvenaria, tanto externamente quanto entre salas, lajes de concreto armado e cobertura de telhas metálicas.

Foram utilizadas duas posições de fonte e seis posições de receptores, totalizando doze combinações fonte-receptor para obtenção dos decaimentos sonoros. Para a medição do tempo de reverberação foram utilizados uma fonte sonora dodecaédrica omnidirecional, associada ao amplificador, ambos da marca 01dB® e um microfone omnidirecional da marca Behringer®, de ½”, conectado ao software Dirac®. A fonte e o microfone (receptores) foram posicionados procurando-se respeitar as distâncias exigidas pela norma ISO 3382-2 (2008).

Na Figura 1 apresenta-se (a) uma planta esquemática da sala de aula avaliada e (b) uma ilustração do monitoramento com fonte na posição F2 e receptor no ponto R3.

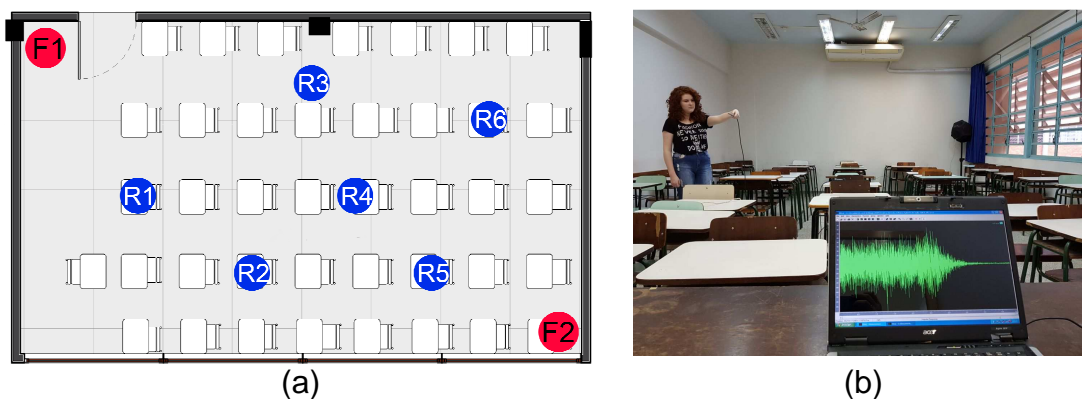


Figura 1 – Monitoramento de tempo de reverberação

A partir dos doze decaimentos sonoros foi calculado o tempo de reverberação médio da sala para as frequências de 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000HZ.

Resultados e Discussão

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), o tempo ideal de reverberação em salas de aula para garantir a inteligibilidade do discurso é

0,6s. A correção deste valor para as frequências analisadas foi feita segundo a norma NBR 12179 (1992), multiplicando o TR recomendado pela OMS com os coeficientes estabelecidos na norma. Dessa forma foram estipulados os valores ideais de TR apresentados na Tabela 1. Além disso, também na Tabela 1, apresentam-se os valores de tempo de reverberação monitorados, sendo possível verificar a não adequação da sala ao esperado para a situação de uso.

Tabela 1 – Tempo de Reverberação ideal por frequência

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Coeficiente	1,48	1,15	1	1	1	1
TR [s]	0,9	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
TR [s] sala 106	2,87	2,34	1,87	1,72	1,69	2,15

A partir dessa análise criou-se um modelo de cálculo para determinar as áreas e coeficientes de absorção de cada elemento de modo que o resultado de tempo de reverberação obtido por meio do modelo se aproximasse do valor determinado pelo monitoramento. Na Tabela 2 apresentam-se os elementos constituintes da sala, bem como sua quantidade e coeficiente de absorção por frequências.

Tabela 2 – Elementos constituintes da sala de aula

Material Mobiliário	Freq. [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
	Quantidade	α	α	α	α	α	α
Piso granite pol.	55,29 m ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Teto	55,29 m ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Paredes reb. liso	86,081 m ²	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Vidro comum	17,568 m ²	0,23	0,11	0,09	0,01	0,01	0,03
Cortinas	2,64 m ²	0,07	0,31	0,49	0,75	0,7	0,65
Porta de madeira	1,995 m ²	0,24	0,19	0,14	0,08	0,13	0,1
Carteira cadeira	42 unidades	0,05	0,14	0,19	0,23	0,18	0,03
Pessoas	2 unidades	0,19	0,33	0,44	0,42	0,46	0,37

Por meio da Equação 1 calculou-se a área de absorção sonora para cada frequência e, por meio da Equação 2, calculou-se o tempo de reverberação.

$$A = \sum_{i=1}^n (\alpha_i * S_i) \quad \text{Equação 1}$$

$$TR = \frac{0,161 * V}{A} \quad \text{Equação 2}$$

Onde "A" é a área de absorção [m² Sabine]; "α" é o coeficiente de absorção sonora; "S" é a área da superfície [m²]; "V" é o volume do ambiente [m³].

A partir do modelo de cálculo, fez-se o projeto de adequação do tempo de reverberação da sala de aula por meio da substituição de materiais com o

intuito de aumentar a área de absorção sonora e assim diminuir o tempo de reverberação. Com tal procedimento foi possível calcular um tempo de reverberação após a intervenção de acordo com o apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Tempo de Reverberação corrigido por frequência

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
TR [s] corrigido	0,89	0,80	0,60	0,60	0,73	0,87

Os materiais utilizados no projeto de correção do tempo de reverberação da sala 106 do bloco C67 foram painéis de MDF perfurados aplicadas em conjunto com lã de vidro.

Conclusões

Conclui-se que é possível resolver problemas de suma importância para o aprendizado acadêmico, como a falta de inteligibilidade, com soluções simples, mas que poderiam ser melhor resolvidas já em fase de projeto. Existem soluções ulteriores para que as salas de aula passem a atender os requisitos mínimos, contudo um bom projeto arquitetônico evitaria que fossem necessárias essas alterações, economizando gastos e evitando o prejuízo na educação, gerado pela falta de inteligibilidade.

Agradecimentos

Agradecemos à nossa orientadora Aline Lisot pela paciência e confiança, ao Departamento de Engenharia Civil que permitiu as avaliações e todos a todos que colaboraram com essa pesquisa.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10152:** Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **ABNT NBR 12179:** Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.

BERNARDI, N. **Avaliação de interferência comportamental do usuário para melhoria do conforto ambiental em espaços escolares:** estudo de caso em Campinas/SP. 2001. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3382-2:** Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. Geneva, Switzerland: 2008.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. OMS. **Diretrizes para o Ruído Comunitário.** Genebra: Organização Mundial de Saúde. 2011. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>> Acesso em: 26 de julho de 2018.