

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO EM UMA SALA DE TUTORIA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO TIRADENTES – UNIT AL

Isthephanny Rosy dos Santos Silva¹

Larissa Silva Freire Cavalcante²

Laryssa Luana Magalhães Tavares³

Cristine Matos Dantas⁴

Arquitetura e Urbanismo



**cadernos de
graduação**

ciências humanas e sociais

ISSN IMPRESSO 1980-1785

ISSN ELETRÔNICO 2316-3143

RESUMO

Um bom projeto acústico é um requisito de suma importância em qualquer tipo de construção, sobretudo em ambientes projetados para serem usados para fins educacionais, onde se desenvolvem trabalhos que dependem de silêncio e concentração. Para uma ação nesse sentido, produzir um resultado satisfatório é importante que seja minuciosamente calculado, do momento das medições até a execução do projeto. O presente trabalho propõe compreender a avaliação quantitativa do desempenho acústico da sala de tutoria, a qual foi projetada para fins de estudo do curso de Medicina, do Centro Universitário Tiradentes (UNIT/AL). Com base em estudos feitos no local escolhido foram feitas medições *in loco*, utilizando o decibelímetro THDL 400, equipamento empregado com intuito de aferição, avaliando o nível de ruído e comparando com os parâmetros da NBR 10151 e NBR 10152. Ademais, os resultados obtidos por meio do cálculo do tempo de reverberação, o qual é o tempo que o som se apresenta audível em um local, foram inspecionados com os parâmetros da NBR 12179. De posse desses resultados, foram analisadas as condições acústicas da sala, verificando a sua adequabilidade, às necessidades acústicas e à tecnologia adotada, para que assim, obtenha os melhores métodos a serem adotados e redução de impactos de ruídos.

PALAVRAS-CHAVE

Acústica Arquitetônica. Desempenho Acústico. Sala de Tutoria.

ABSTRACT

A good project acoustic is a very important requirement in any type of construction, about everything in environments designed to be used for purposes professional, where develop works which depend on silence and concentration. For an action in this sense, producing a satisfactory result, is important for to be meticulously calculated, from the time of measurement to the execution of the project. The present work propose understand the quantitative evaluation of acting acoustic of tutoring room, what it is designed for the purpose of studying the Medicine course of the University Center Tiradentes - Unit AL. Based on studies carried out at the chosen local, were made in loco, using the THDL 400 decibelmeter, equipment used for the purpose of gauging, evaluating the noise level and comparing with the parameters of NBR 10151 and NBR 10152. In addition, the results obtained through of the reverberation time calculation, which is the time that the sound is audible in one place, were inspected with the parameters of NBR 12179. With these results, the acoustic conditions of the room were analyzed, verifying their suitability, the needs acoustic and the adopted technology, so that, in this way, obtain the best methods to be adopted and reduction of noise impacts.

KEYWORDS

Architectural Acoustics. Acoustic performance. Tutoring room.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também de controle de ruído e preservação da qualidade ambiental (ALMEIDA; BRAGANÇA, 2006.)

A NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico nos mostra os valores aceitáveis para cada ambiente. A ausência de conforto acústico nos ambientes condiciona a nossa saúde e produtividade. Ao projetar um ambiente devemos analisar e estudar os níveis de ruídos para minimização dos impactos dos ruídos externos.

A acústica em um ambiente arquitetônico não é somente a solução de um fenômeno físico, mas a concepção da sensibilidade ao som em um elemento de conforto, tendo sua importância e reconhecimento no projeto arquitetônico desde a fase de levantamento de dados e viabilidade por meio do contexto urbano para que ele se integre ao entorno sem restringir a criatividade do profissional arquiteto. Ao dar forma e volume ao espaço, o arquiteto tem como elemento de trabalho a superfície. As formas e os materiais adotados têm influência no comportamento do som, determinando o desempenho acústico do ambiente. Por isso é essencial o conhecimento das propriedades sonoras que influenciam a qualidade do espaço, para que o ambiente projetado cumpra sua função acústica (SOUZA, *et al.*, 2013).

Sabemos que os ruídos afetam o ser humano, interferindo no desempenho das atividades diárias e é caracterizado por um ou mais sons desagradáveis ao ouvido humano. “Antigamente a acústica só era aplicada apenas em teatros e estúdios e, hoje em dia a maioria dos espaços de uso comum não possui tratamento acústico adequado, como é o caso das salas de aulas” (SOUZA, 2006).

Sabemos, também, que sem a sua acústica surge a dificuldade de comunicação e compreensão do que está sendo exposto em sala, prejudicando o índice de aprendizagem e rendimento escolar dos alunos. O início do estudo da “acústica de salas” feita por Wallace Clement Sabine foi partir de um ponto de vista formal que foi iniciado há 100 anos, deixando de lado o que já era determinado, cujo seria conceitos subjetivos, tentando fazer a substituição deles por fundamentos físicos peculiares à própria sala.

Segundo Martins (2002) o ruído nas escolas pode ser um fator que, de forma negativa, afeta tanto os professores quanto os alunos. No lançamento de um projeto arquitetônico de escolas, um dos principais aspectos a ser considerado é o desempenho acústico de salas de aula, pois esse espaço é destinado à realização de tarefas que exigem um alto nível de concentração (LORO, 2003).

De acordo com a NBR 10152, o nível sonoro ideal para salas de aula está entre 40 dB e 50 dB. É recomendado que o nível de ruídos não ultrapasse os 65 dB (decibéis), para que não haja esforços excessivos, prejudicando a saúde e dificultando o processo de ensino e aprendizagem.

Em termo dessas, este artigo enfatiza a importância da análise acústica nos ambientes para efetivação de medidas que beneficiem o conforto e bem-estar dos usuários que por vez irão usufruir os espaços projetados.

2 OBJETIVO

O artigo tem como objetivo avaliar o desempenho acústico, utilizando a sala de tutoria do Centro Universitário Tiradentes – Unit/ AL, por meio de medidas de parâmetros acústicos. Devem ser levados em conta todos os artefatos que interferem no ambiente, tanto internamente e externamente, como também os materiais existentes dentro da sala. Com isso, por meio do cálculo de reverberação e das medições do nível de ruído, será possível realizar a comparação deles, conforme o limite determinado pelas normas e quais materiais devem ser substituídos para que haja o conforto acústico no ambiente.

3 METODOLOGIA

A metodologia usada para obter esses resultados foi dividida em 3 etapas: 1 – Escolha do objeto de estudo: 1.1 – Levantamento físico; 2 – Cálculo do tempo de reverberação (TR), comparando com a NBR 12179; 3 – Medição do nível de ruído com equipamentos decibelímetro THDL 400, avaliando o nível de ruído e comparando com a NBR10151 e NBR 10152.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

A sala de tutoria está localizada no Centro Universitário Tiradentes, respectivamente no bloco A, o qual possui quatro pavimentos, na sala 25-A, localizada no 3º pavimento. A utilização dessa sala se dá por alunos do curso de Medicina para fins de estudos clínicos e afins. Vincula-se ao Núcleo de Apoio Psicopedagógico ao Estudante e é atividade obrigatória. Como em outras escolas médicas, propõe ser um espaço de acolhimento ao estudante no início do ciclo profissional. Os tutores acompanham e comunicam-se com seus alunos de forma sistemática, planejando, dentre outras coisas, o seu desenvolvimento, avaliando a eficiência de suas orientações de modo a resolver problemas que possam ocorrer durante o processo. A coleta dos níveis de ruídos foi efetuada pelas pesquisadoras nos turnos da manhã e tarde, nos dias 26 e 28 de setembro de 2018. A opção por fazer medições nessas datas teve como justificativa o objetivo de buscar especificidades dos ruídos e barulhos com a sala vazia e com a sala ocupada.

Conforme as Figura 1 e 2 a sala é composta por uma mesa no centro, doze cadeiras estofadas, dois quadros brancos nas suas extremidades, uma televisão, duas janelas, uma porta de acesso, um ar condicionado e um armário.

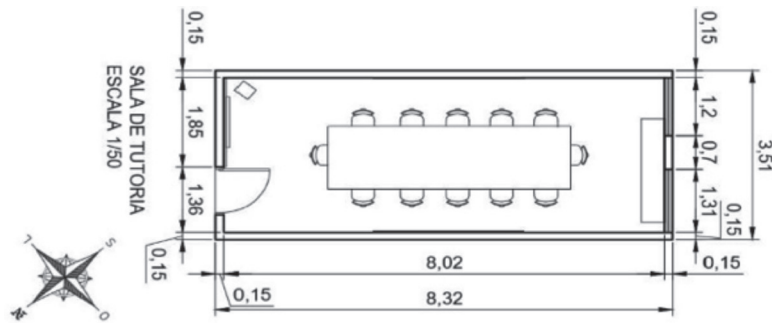
Figuras 1 e 2 – Sala de tutoria



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Esta sala de tutoria apresenta uma área total de aproximadamente 25,75 m² e um volume aproximado de 79,30 m³ com o norte posicionado a 221°, como é possível visualizar na Figura 3. A sala funciona em todos os dias da semana, exceto quarta-feira, durante os turnos matutino e vespertino, pois fica livre para uso dos alunos. A entrada da sala está em frente ao corredor e suas janelas estão voltadas para a área externa que liga um bloco ao outro. Além disso, é possível ouvir os barulhos advindos das salas vizinhas, interferindo na comunicação de quem está no local. Com isso, é possível observar que os locais podem emitir sons e interferir no processo de ensino-aprendizagem.

Figura 3 – Planta baixa da sala de tutoria



Fonte: Elaborada pelas autoras⁵ (2018).

“O ruído pode ter diversos impactos na saúde do ser humano, como: Afetação da audição, perturbações fisiológicas diversas, alteração do sono, perturbação de várias atividades, interferência na comunicação oral e incomodidade” (SILVA, 2001, p 21).

O som é uma perturbação que se propaga nos meios materiais e é capaz de ser detectada pelo ouvido humano. A perturbação ou pulso é gerada por um corpo que vibra, transmitindo suas vibrações ao meio que o rodeia.

As moléculas deste meio sofrem alternadamente compressões e rarefações acompanhando o movimento do corpo. Essa variação de pressão é logo comunicada às moléculas vizinhas do meio, criando ondas longitudinais de compressão e rarefação que partem do corpo. (DE MARCO, 2002, p.103).

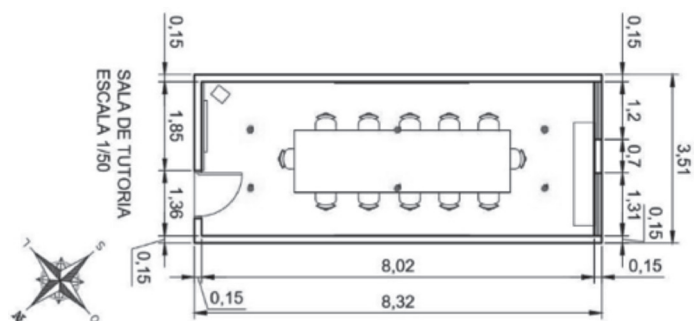
3.2 REALIZAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Para a realização da medição na sala de tutoria 25 do bloco A foram escolhidas 6 posições distintas, cujo subdividido entre 3 posições em uma extremidade e os outras 3 posições na outra extremidade das paredes, com intuito de obter maior cobertura possível do resultado. As medições foram feitas em horários de aula e horário livre, com intuito de comparar o nível de ruído do ambiente. Foram, também, feitas medições em 3 posições na área externa, em frente à sala, para avaliar o quão influencia o barulho externo para o interior do recinto. Vale ressaltar que, as posições apenas representam a maior parte do resultado da medição e não a resposta completa da sala, tendo como objetivo a maior cobertura possível.

Foram feitas várias medidas sequencialmente em cada posição, como pode ser visto na Figura 4, tanto no interior como no exterior, mais precisamente 30 leituras, cada uma tendo o registro do nível lido de 10 segundos, tendo cautela para que o tempo de reverberação da sala não seja maior que o intervalo de tempo entre as medições, pois esse fato altera significativamente a resposta obtida.

⁵ Isthephanny, Larissa e Laryssa (2018).

Figura 4 – Pontos determinados para medição na planta baixa da sala de tutorial



Fonte: Elaborada pelas autoras (2018).

A posição do microfone não deve ficar muito próxima à fonte de som de forma para que não tenha influência de uma grande parte do som direto. De acordo com a NBR 10151, as medições devem ser efetuadas a 1,20m acima do solo e, no mínimo, a 1,0m a 1,50m de paredes, edifícios e outras superfícies refletoras para evitar influência no resultado de sons não desejados. Quando necessário, pode ser feito próximo a paredes e em diferentes alturas.

O equipamento utilizado para medição de nível de pressão de som foi o Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro Digital Portátil THDL 400, um instrumento utilizado para medições de referência acústica e edificações tais como comparativo de nível sonoro, diferenças de níveis entre exterior e interior para estudo de isolamento acústico de ambientes, sendo também amplamente utilizado em cursos técnicos, escolas e universidades para demonstrar a teoria de medição e estudos baseados no ruído.

Figura 5 – Equipamento Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro Digital Portátil THDL 400



Fonte: Google Imagens (2018).

Possui faixa de medição de 35 a 130dB. As medições foram feitas com a condição de utilização normal do ambiente, conseqüentemente com janelas fechadas. Mesmo com o grande avanço no desenvolvimento de métodos numéricos que modelam o comportamento de ondas sonoras dentro de locais fechados, estes modelos possuem limitações e incertezas. Por outro lado, a evolução dos processadores e a diminuição do tamanho dos equipamentos permitiram que os métodos experimentais se tornassem relativamente rápidos e muitas vezes mais adequados para tais aplicações.

Tabela 1 – Análise dos ruídos nos turnos

Turno	x	NPSmín	NPSmáx
Manhã (sala ocupada)	50,75	1,1	76,5
Tarde (sala vazia)	43,11	31,7	81

Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

Onde:

x: é a média em dB(A) dos $Leq(s)$;

NPSmín: é o valor mínimo do Nível de Pressão;

NPSmáx: é o valor máximo do Nível de Pressão.

Por meio dos resultados obtidos na Tabela 1, pode-se concluir que o período matutino possui mais presença de ruído.

3.3 CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Há dois principais fatores que influenciam no tempo de reverberação: a área de absorção e volume do ambiente. O som será menos intenso a cada reflexão se houver maior extensão da superfície, pois há maiores possibilidades de absorção de energia. Já em relação ao volume, o som irá se reflexionar mais nas superfícies quando o mesmo for maior e assim aumentará o tempo de reverberação. O estudo de caso foi feito baseado na NBR10152 que profere os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

Para a definição dos elementos envolvidos na determinação da área de absorção sonora equivalente considera além dos elementos construtivos da sala de aula, as áreas de absorção sonora dos elementos relativos à funcionalidade do ambiente. O tempo de reverberação deverá estar de acordo com o uso de cada espaço. Deve permitir a clara percepção do som sem desaparecer de imediato para que não prejudique a percepção dos tipos de fontes sonoras (cadeiras, mesas, quadros etc.).

Na tabela a seguir, estão especificados os materiais e os coeficientes médios ponderados de absorção sonora que estavam presentes na sala de tutoria.

Tabela 2 – Materiais

Materiais	Frequência (Hz)
	500
Reboco liso sobre alvenaria	0,02
Cadeira estofada chata, revestida com couro sintético	0,25
Cadeira ocupada com uma pessoa	0,44
Carpete simples forrado – 6mm	0,25
Compensado de 5cm	0,02

Materiais	Frequência (Hz)
	500
Compensado de 5cm	0,02
Forro de concreto liso	0,65
Janela comum	0,03
Madeira compensada 6mm afastada 50mm da parede, espaço vazio	0,06
Porta fechada	0,06
Quadro branco	0,03

Fonte: Elaborada pelas autoras (2018).

O coeficiente médio de absorção da sala de tutoria foi de 0,05, sendo assim foi necessário empregar a Fórmula de Sabine (aplicar quando o coeficiente médio de absorção for menor ou igual a 0,30). A fórmula utilizada tenta prever o tempo de reverberação, funciona bem em salas com pouca absorção.

$$t_r = \frac{0,161 V}{S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots}$$

Sendo:

TR: tempo de reverberação do recinto (s);

V: volume do ambiente (m³);

A: área de absorção (m²).

S₁, S₂, ... S_n: área de absorção (m²);

α₁, α₂, ... α_n: coeficiente de absorção sonora.

A área de absorção pode ser calculada por meio da equação:

$$A = \sum (\alpha \times S)$$

Onde:

α: coeficiente de absorção do material;

S: área do material.

$$T = 0,161 * 79,29 / 6,19$$

$$T = 12,765 / 6,19$$

$$TR \text{ atual} = 2,06 \quad TR \text{ ideal} = 0,49$$

$$+10\% = 0,539 = 0,54$$

$$-10\% = 0,44$$

Conforme a NBR 12179, o tempo de reverberação ultrapassou o limite conveniente. Sendo assim, foi necessário fazer alterações em materiais para alcançar o TR ideal no recinto estudado.

Tabela 3 – Alteração dos materiais

Materiais	Frequência (Hz)
	500
Reboco liso sobre alvenaria	0,02
Cadeira estofada chata, revestida com couro sintético	0,25
Cadeira ocupada com uma pessoa	0,44
Cerâmica	0,01
Compensado de 5cm	0,02
Compensado de 5cm	0,02
Gesso em placa 12,5mm	0,03
Janela comum	0,03
Madeira compensada 6mm afastada 50mm da parede, espaço vazio	0,06
Porta fechada	0,06
Quadro branco	0,03

Fonte: Elaborada pelas autoras (2018).

Logo, depois dessas alterações (grifadas em vermelho) tornou-se ideal o valor do Tempo de Reverberação. Conforme demonstra o cálculo a seguir:

Sabine:

$$T = 0,161 * 79,29 / 28,32$$

$$T = 0,45$$

4 RESULTADOS

A avaliação pode ser obtida mediante um conjunto de características acústicas representadas por parâmetros físicos mensuráveis que se relacionaram fortemente com as características arquitetônicas da sala. A partir desses métodos, foi possível calcular aproximadamente a resposta, da qual são calculados os parâmetros acústicos para caracterizar objetivamente a qualidade acústica.

Na Tabela 2 são apresentados os materiais da sala 25 do bloco A para a situação em estudo. A norma indica que o tempo de reverberação deve em salas de aula está entre 0,4 e 0,6 segundo, ela apresentou o tempo de reverberação alto com os elementos existentes, onde foi preciso fazer a substituição de materiais, conforme a Tabela 3, cujo seriam o teto substituindo gesso em placa cerâmica 12,5mm para forro de concreto liso e o piso, alterando cerâmica para carpete simples forrado.

Com a substituição dos materiais citados acima, que foram escolhidos por apresentarem em suas propriedades um isolamento acústico favorável, permitindo que o recinto tenha um nível de ruído menor em comparação ao que já existia, de maneira que apresente como resultado final um tempo de reverberação ideal e proporcionando uma boa qualidade no ambiente de acordo com sua finalidade.

5 CONCLUSÕES

Após todas as medições e tabulação dos dados, percebeu-se que no caso estudado os critérios de desempenho acústico dos sistemas testados encontram-se em sua maioria dentro dos padrões exigidos das normas.

O presente trabalho apresentou qualidade dos dados apresentados, garantindo a precisão dos coeficientes de absorção sonora. Devem-se destacar também as condições gerais do recinto avaliado (sala de tutoria), cujo foi construído em poucos anos. Como é de conhecimento, as maiores perdas acústicas ocorrem nas esquadrias, entretanto as janelas são vedadas, os forros nunca foram substituídos, o barulho das salas vizinhas acaba invadindo o ambiente, tendo como resultado a escassez de isolamento acústico, atrapalhando os estudos de alunos que estão no local. O estudo foi baseado na Equação de Sabine, que seria a mais adequada para fins de cálculo do tempo de reverberação.

Destarte, mostrou-se que a qualidade acústica da sala pode ser medida por meio de parâmetros quantitativos. Avaliou-se o local do experimento a partir dos valores dos parâmetros acústicos obtidos e conclui-se que alguns materiais devem ser substituídos para que haja acústica correta para a sala de tutoria conforme a NBR 12179. Faz-se necessário um intenso estudo em novas tecnologias, a culminação na realização de projetos mais responsáveis para que não seja precisa a alteração dos futuros materiais.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico** – procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT. **NBR 10179: Tratamento acústico em recintos fechados** – procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

DE MARCO, Conrado Silva. **Elementos de acústica arquitetônica**. 3. ed. São Paulo-SP: STUDIO NOBEL, 2002.

LORO, C. L. P. **Avaliação acústica de salas de aula – Estudo de caso em salas de aula Padrão – 023 da rede pública**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MARTINS, M. I. M. A interferência do ruído no reconhecimento da fala: análise do ambiente e da voz do professor. In: Encontro da SOBRAC, 20, 2002, Rio de Janeiro.

Anais[...], Rio de Janeiro, 2002.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica**: ouvindo a arquitetura. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

Data do recebimento: 10 de setembro de 2017

Data da avaliação: 23 de novembro de 2017

Data de aceite: 12 de dezembro de 2017

1 Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: isthephanny.rosy@souunit.com.br

2 Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: laarissa.freiree@gmail.com

3 Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: laryssattavares@hotmail.com

4 Mestra; Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Tiradentes – UNIT AL.

E-mail: crisdantas_32@hotmail.com

