

## **AValiação DO CONFORTO ACÚSTICO DE UMA BIBLIOTECA**

**Cibele Ribeiro COUTINHO (1), Cristiano PEREIRA (2), Homero CARVALHO (3)**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Av. 1º de Maio, 720 - CEP: 58.015-430 - João Pessoa - PB, 3208-3000. Graduando em Design de Interiores, e-mail: belinhajpa@hotmail.com.

(2) Graduando em Design de Interiores, e-mail: cristianopereiradesign@yahoo.com.br.

(3) Professor do CEFET-PB, e-mail: homerojmc@uol.com.br.

### **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo a avaliação acústica da Biblioteca Setorial de Biologia da Universidade Federal da Paraíba, que necessita de tratamento acústico para que possa proporcionar silêncio e concentração para seus usuários. Para o desenvolvimento desta pesquisa foi feito o levantamento físico do ambiente, a identificação das atividades desenvolvidas; a identificação das fontes externas e internas de ruídos de fundo; classificação do tipo de ruído (impacto ou aéreo); a verificação dos níveis de ruídos da situação atual; definição dos pontos, condições e horários de medições; a identificação da capacidade de absorção dos materiais (paredes, pisos, teto, mobiliário). Logo, para a obtenção dos resultados foram feitas quatro medições durante dois dias, cujos dados foram comparados com os níveis recomendados pelas normas NBR-95 e NBR-10152/1987. Em seguida, realizou-se uma simulação matemática para avaliar o isolamento acústico e o tempo de reverberação no interior do ambiente, através do método de Sabine, para o que foi utilizada uma planilha elaborada no software Excel. A mesma simulação foi realizada para projetar a correção dos problemas verificados sobre os dois aspectos considerados. Os resultados obtidos indicaram que o nível de ruído na biblioteca está acima do recomendado cerca de 15dB(A) a 20dB(A), problema motivado, principalmente pelo ruído proveniente do exterior, provocado pela conversação entre alunos que permanecem na circulação que dá acesso às salas de aula e à própria biblioteca.

**Palavras-chave:** acústica em bibliotecas, isolamento acústico, reverberação.

## 1. INTRODUÇÃO

É notória a necessidade de tratamento acústico nas bibliotecas por ser um ambiente que deve proporcionar silêncio e concentração para os seus usuários, para que estes possam desenvolver com qualidade suas atividades (ler e estudar). Este tratamento consta de isolamento acústico e absorção acústica. *Isolar acusticamente um recinto fechado consiste em bloquear os ruídos externos ao menos a patamares compatíveis com a atividade a ser desenvolvida no seu interior e absorção acústica consiste em atenuarmos os efeitos dos sons em ambientes* (CARVALHO, 2006).

Em muitos casos as bibliotecas não têm um projeto acústico voltado para a necessidade do ambiente, assim, mesmo que os estudantes e funcionários promovam o silêncio, ainda há a percepção dos ruídos externos e internos acarretando a falta de concentração e consequentemente, na interrupção dos estudos. Desta forma, as normas NBR-95 e NBR-10152/1987 estabelecem que o nível de ruídos para uma biblioteca é de 35dB a 45 dB, sendo o menor ideal para o conforto acústico e o maior o máximo admissível.

Outro aspecto importante a ser considerado em uma avaliação acústica de uma biblioteca é a absorção dos ruídos internos. No entanto, não se verificou na literatura qualquer orientação para a avaliação desse aspecto, especialmente quanto ao tempo de reverberação, que é o intervalo de tempo necessário para que o nível de intensidade de um determinado som decresça 60dB(A) após o término da emissão de sua fonte. Assim, neste trabalho será utilizado o tempo ótimo de reverberação recomendado para salas de conferência, por ter necessidades de silêncio semelhantes para a concentração nas atividades de leitura e estudo, identificado através do gráfico elaborado por Bolt Beranek and Newman (ver em Carvalho, 2006), considerando, ainda, o volume interno do ambiente. No cálculo do tempo de reverberação, deve-se considerar uma diferença percentual satisfatória de -10% a 10% entre o tempo ótimo de reverberação e o tempo de reverberação calculado para o ambiente ( $tr/tor$ ).

Este trabalho tem por objetivo avaliar as condições de conforto acústico da Biblioteca Setorial de Biologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) localizada no Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) no Estado da Paraíba-Brasil. Identificando se há a existência de ruídos (impacto e aéreo), e também, identificando se os materiais existentes interferem no conforto citado acima, assim, caso necessário, propor um projeto de intervenção corretiva para a acústica da biblioteca.

## 2. METODOLOGIA

O estudo partiu de um levantamento físico em campo, com o objetivo de identificar a localização e o tipo das fontes sonoras, tomar as dimensões do ambiente e as especificações dos materiais, mobiliário e equipamentos e, por fim, identificar as características de sua utilização (atividades, número de pessoas etc.).

Tomando como referência a localização das fontes sonoras, foram definidos os pontos onde se fizeram as medições dos níveis de ruído sonoro, na fonte e nos ambientes de interesse no interior da biblioteca. Para isso foram utilizados dois decibelímetros da marca Instrutherm, operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW).

As medições foram realizadas em dois dias (10/04/08, às 16h e 23/04/08, às 12h10). Os decibelímetros foram posicionados a 1m de distância da fonte de ruído e a 1,20m de altura, simultaneamente, um na fonte de ruído e outro no ponto de interesse com porta e janelas fechadas e com o dia nublado e sem a incidência de chuvas. O tempo de medição foi de um minuto, registrando-se o maior valor acusado pelo aparelho. Foram determinadas quatro situações para a verificação dos índices de ruídos e assim avaliar o conforto acústico da biblioteca:

- Primeira situação: ar-condicionado ligado, sem usuários e sem ruídos externos;
- Segunda situação: ar-condicionado ligado e usuários, mas sem os ruídos externos;
- Terceira situação: ambiente vazio com ar-condicionado desligado, mas com ruídos externos;
- Quarta situação: ar-condicionado ligado, com usuários e ruídos externos.

Os níveis de ruído medidos em campo foram sistematizados e comparados aos níveis estabelecidos na norma, verificando-se, assim, as condições de conforto existentes.

Em seguida, realizou-se uma simulação de desempenho acústico do ambiente estudado através do cálculo de isolamento acústico e do tempo de reverberação (método de Sabine), considerando as características dos materiais existentes e as frequências 125Hz, 500Hz e 2000Hz. Para esse cálculo foram utilizadas planilhas



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Níveis de ruídos medidos em campo

Na primeira situação observada nas medições em campo, com ar-condicionado ligado, sem usuários e sem ruídos externos, o ruído atingiu 64,9 dB(A) na fonte (ar-condicionado) e 60,6 dB(A) próximo aos alunos, que são o ponto de interesse. Os mesmos níveis foram verificados na segunda situação, com o ar-condicionado ligado e usuários estudando, mas sem os ruídos externos.

Na terceira situação, com ar-condicionado desligado e ambiente vazio, mas com ruídos externos, o ruído no interior da biblioteca atingiu 67dB(A), enquanto na fonte externa (corredor com alunos conversando) o ruído chegou 93,5 dB(A).

Por fim, com ar-condicionado ligado, com usuários e ruído externos, o ruído interno chegou a 69dB(A) enquanto externamente atingiu 95,3 dB(A).

Com esses resultados, constatou-se que os dados medidos em campo revelaram que o nível de ruído no interior da biblioteca se manteve acima do recomendado pelas normas NBR-95 e NBR-10152/1987 (35dB a 45 dB), em média, 30,5dB(A), sendo pior a situação quando a biblioteca está sendo utilizada e há ruídos externos. Esses ruídos penetram, em maior parte, através da porta de acesso à biblioteca.

### 4.2. Cálculo, análise e correção do isolamento acústico

O cálculo de isolamento acústico foi realizado considerando os coeficientes de transmissão dos componentes da envoltória da biblioteca (Eq. 01), em particular da porta e da parede que a limita em relação ao corredor onde se encontra a fonte sonora externa, que afeta negativamente a qualidade acústica do ambiente.

$$\tau = \sum (S_i \times t_i) / \sum S_i \quad [\text{Eq.01}]$$

Onde suas variáveis são:

$S_i$  é a área de utilização do material  $i$ .

$t_i$  é a transmissividade do material  $i$ .

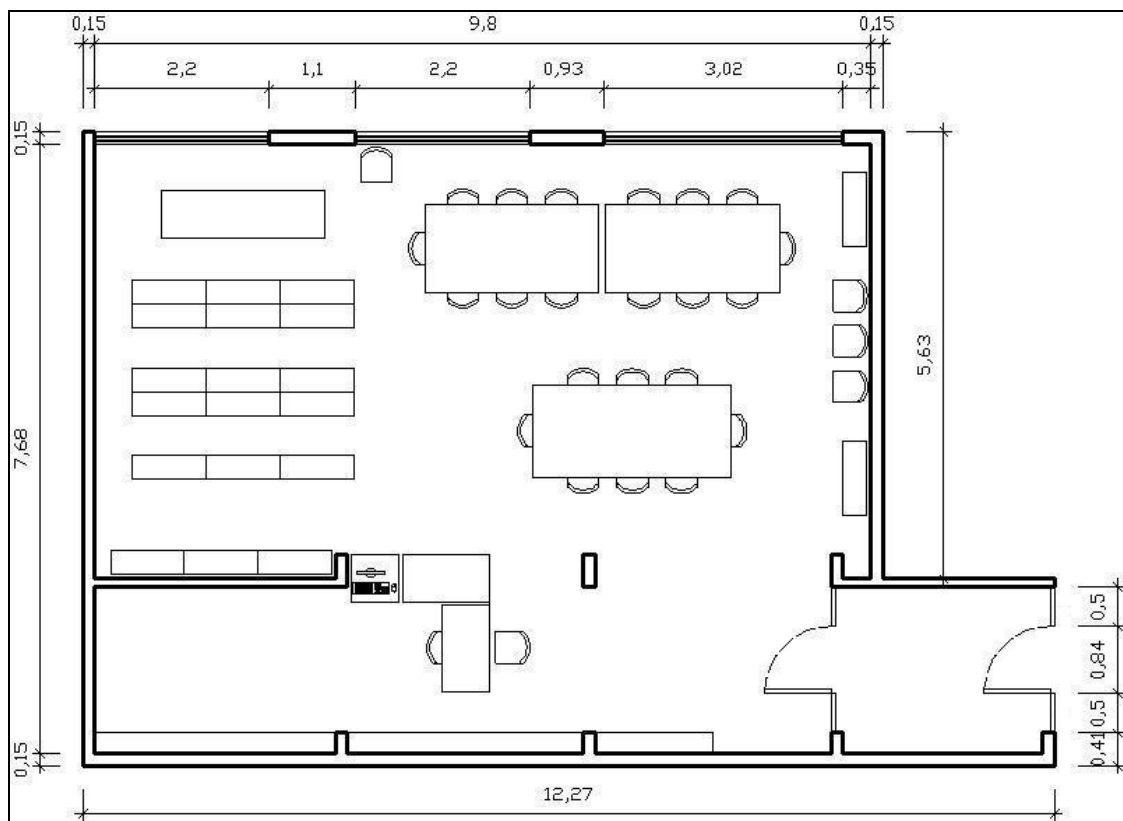
Sabendo-se que, o maior valor de ruído externo medido foi de 95,3 dB, através dos cálculos de isolamento observou-se que a envoltória da biblioteca reduz o ruído em apenas 10,81dB para 125Hz, chegando 84,49 dB no interior da biblioteca, 22,81dB para 500Hz, chegando 79,39dB e 34,81dB para 2000Hz, chegando 60,49dB no interior, confirmando a deficiência de isolamento verificada nas medições.

Como proposta de intervenção corretiva, optou-se pela troca da porta atual por uma porta de 150mm, com painel de lã mineral densa em molduras de aço, vedações em cima e embaixo (Figura 2).

Após a troca da porta, a redução de ruído aumentou para 39,61dB na frequência de 125Hz, reduzindo o ruído no interior da biblioteca para 55,69dB. Para 500Hz, a redução passou a ser de 51,61dB, diminuindo o ruído interno para 43,69dB. Por fim, reduziram-se 63,61dB na frequência de 2000 Hz, chegando ao interior com 31,69dB (Tabela 1). Mesmo com o aumento significativo da redução do ruído obtido com a substituição da porta, para as frequências de 125Hz e 500Hz, o isolamento continuou deficiente, com excesso de 5dB a 6dB. Por isso, adicionou-se outra porta, criando uma câmara de isolamento no acesso ao ambiente, aumentando, assim, o ruído máximo aceitável externamente, que passou a ser superior ao medido em campo (Tabela 2).

**Tabela 1 – Redução sonora calculada para a vedação da biblioteca antes e após a intervenção.**

	125 Hz		500 Hz		2000 Hz	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
<b>Redução de ruído (RR)</b>	10,81	39,61	22,81	51,61	34,81	63,61
<b>Nível máximo de ruído aceitável internamente</b>	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
<b>Máximo nível de ruído aceitável externamente</b>	55,81	84,61	67,81	96,61	79,81	108,61



**Figura 1 – Planta baixa da biblioteca de biologia – UFPB**

#### 4.3. Cálculo, análise e correção de reverberação.

O tempo de reverberação ( $T_r$ ) depende do som produzido internamente, dos coeficientes de absorção dos materiais que o compõem, do volume do ambiente, do número de pessoa que o ocupam e, obviamente, da atividade.

Para fazer o cálculo do tempo de reverberação foi utilizado o método de Wallace Sabine (Eq. 2), que elaborou o conceito de absorção total. Utilizando o gráfico de Tempo Ótimo de Reverberação ( $t_{or}$ ) elaborado por Bolt Beranek and Newman (ver em Carvalho, 2006), para o volume interno de 294,90 m<sup>3</sup>, obteve-se o  $t_{or}$  de 0,67s para as frequências de 500Hz e 2000Hz e 0,98s para 125Hz.

$$\alpha = \sum (S_i \times \alpha_i) / \sum S_i \quad [\text{Eq.02}]$$

Onde suas variáveis são:

$\alpha$  é o coeficiente médio ponderado de todas as superfícies componentes do recinto e demais elementos contidos

$S_i$  é o somatório de todas as superfícies internas do recinto

$\alpha_i$  é o coeficiente de absorção acústica

Com os cálculos verificaram-se que o tempo de reverberação foi de 2,36s para 125 Hz, 1,12s para 500 Hz e 1,09s para 2000 Hz, valores muito superiores ao tempo ótimo de reverberação, favorecendo a permanência da propagação do som por muito tempo no ambiente. Após testar várias substituições de materiais, escolheu-se como medida corretiva a mudança do forro de PVC (53,70 m<sup>2</sup>) por um forro de gesso perfurado com manta de lã de rocha (42,12 m<sup>2</sup>) e da porta atual por uma porta de 150mm com painéis de lã de rocha densa em molduras de aço e vedações. Após essa intervenção o tempo de reverberação diminuiu significativamente, chegando ao patamar recomendado. Depois das intervenções chegou-se aos seguintes resultados: 0,99s para 125 Hz; 0,61s para 500 Hz e 0,71s para 2000 Hz.

**Tabela 2 – Resultados de reverberação**

	125 Hz		500 Hz		2000 Hz	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
<b>Absorção total calculada</b>	20,09	47,77	42,35	77,85	43,42	67,05
<b>Absorção ideal</b>	48,21	48,21	70,86	70,86	70,86	70,86
<b>Tempo de reverberação calculado (tr)</b>	2,36	0,99	1,12	0,61	1,09	0,71
<b>Diferença percentual tr/tor (%)</b>	139,97	-0,91	67,32	-8,98	63,22	-5,69

## 5. CONCLUSÕES

Após a confirmação dos resultados obtidos pelos cálculos de isolamento acústico e de reverberação, chegou-se a conclusão de que a Biblioteca Setorial de Biologia da UFPB em seu estado atual apresenta problemas acústicos. Portanto, para a correção dessa problemática foi levada em consideração uma realidade hodierna que é o baixo investimento nas instituições de ensino público, o uso de materiais de grande capacidade acústica e a facilidade de instalação destes. Outro ponto considerado foi à necessidade de intervenção na biblioteca sem que fosse preciso alterar sua estrutura física, mostrando a capacidade que o profissional de design de interiores adquire em sua formação.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, Régio Panagio. *Acústica Arquitetônica*. Ed. Thesaurus. Brasília, 2006.

DE MARCO, Conrado Silva. *Elementos da Acústica Arquitetônica*. Nobel. Ed. Nobel. São Paulo, 1982.

SOUZA, Lea Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. *Bê-a-Bá da Acústica Arquitetônica*. Ed. EdUFSCar. 2006.