

# MEDIÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO NA IGREJA PRESBITERIANA CENTRAL DE UBERLÂNDIA

**Rafael Afonso de Andrade**, [rafaelafonso.mec@gmail.com](mailto:rafaelafonso.mec@gmail.com)

Universidade Federal de Uberlândia, Rua Dimas Moreira de Sá, 2626, Bairro Custódio Pereira

**Pedro Pio Rosa Nishida**, [pedronishida@gmail.com](mailto:pedronishida@gmail.com)

Universidade Federal de Uberlândia, Avenida João Naves de Ávila, 2121, bloco 5H, Bairro Santa Mônica 38.408-144

**Elias Bitencourt Teodoro**, [teodoro@mecanica.ufu.br](mailto:teodoro@mecanica.ufu.br)

Universidade Federal de Uberlândia, Avenida João Naves de Ávila, 2121, bloco 5F, Bairro Santa Mônica 38.408-144

**RESUMO:** O trabalho realizado em uma igreja da cidade de Uberlândia visa fazer um mapeamento do tempo de reverberação no interior do templo. Os dados foram obtidos com a utilização de uma placa de aquisição da National Instruments. Estes dados foram processados por meio de um programa computacional desenvolvido pelo LAV – Laboratório de Acústica e Vibrações da Universidade Federal de Uberlândia, para que pudesse ser feito um mapa do campo sonoro na Igreja. Posteriormente foram realizadas simulações computacionais de modo a avaliar possíveis soluções para o elevado tempo de reverberação no local.

**PALAVRAS-CHAVE:** Igreja, Tempo de reverberação, Simulação

**ABSTRACT:** The following work done in a Church in Uberlândia-MG aims to map the reverberation time in the interior of the temple. The data were acquired using a National Instruments acquisition board. These data were processed by a computational program developed by LAV – Federal University of Uberlândia Acoustic and Vibration Laboratory, to create a sound field map in the church. Afterwards, computational simulation were done so that it was possible to evaluate solutions for the high reverberation time in the temple.

**KEYWORDS:** Church, Reverberation time, Simulation

## INTRODUÇÃO

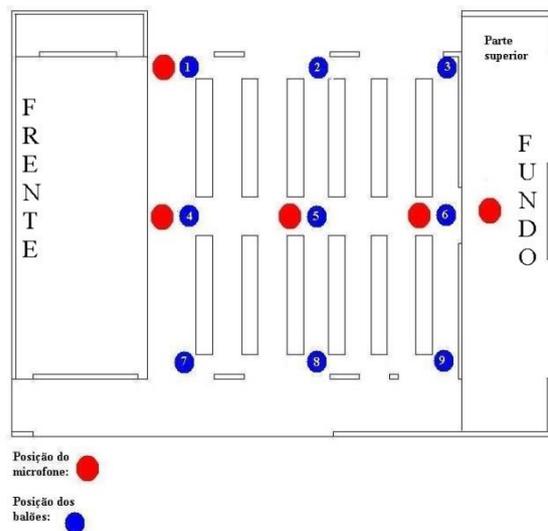
O objetivo deste trabalho acústico em uma igreja central de Uberlândia é avaliar o tempo de reverberação no interior do templo, bem como propor uma adequação para o conforto acústico dos frequentadores do local.

## METODOLOGIA

Foram realizadas medições utilizando o ruído proveniente do estouro de balões para calcular o tempo de reverberação no interior do templo. Os dados foram adquiridos utilizando a placa de aquisição da National Instruments. De posse dos pontos medidos, utilizou-se de um programa computacional desenvolvido pelo LAV – Laboratório de Acústica e Vibrações para o armazenamento e processamento das informações. A figura 1 apresentam os pontos nos quais foram realizadas as medições dos tempos de reverberação, bem como as posições de estouro dos balões. O microfone era posicionado nos pontos em vermelho para realizar a aquisição do ruído do estouro dos balões em 9 pontos diferentes, indicados pelas marcações em azul.

Para as simulações e medições foi considerado que a

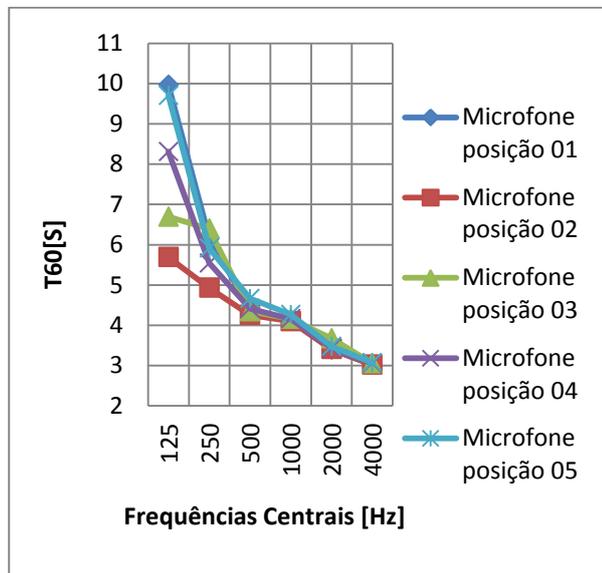
parte frontal do salão é onde se encontra o palco e o fundo é onde se dá a entrada de pessoas no templo. Calculou-se o tempo de reverberação teórico para comparação. Foi feita também uma simulação acústica do templo, utilizando um programa computacional desenvolvido pelo LAV, a fim de avaliar o campo sonoro no local gerado pelas fontes ali presentes.



**Figura 1.** Posição das medições realizadas

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

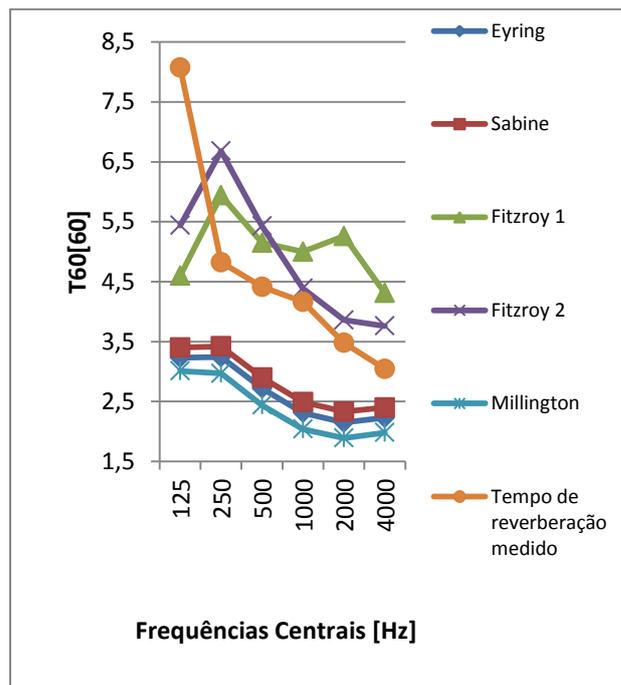
A figura 2 apresenta os valores do tempo de reverberação médio medidos em cada banda de oitava para as frequências centrais entre 125 Hz e 4000 Hz.



**Figura 2.** Tempo de reverberação em segundos, por banda de oitava no interior do templo com o microfone nas posições indicadas.

Verifica-se que o tempo de reverberação para a banda de 125 Hz apresenta grandes disparidades, o que é esperado para as baixas frequências. Para as faixas acima de 250 Hz se encontra na faixa de três a quatro e meio segundos, o que pode prejudicar a inteligibilidade no interior do templo, tornando difícil a comunicação verbal dentro da edificação.

A figura 3 apresenta os tempos de reverberação teóricos calculados por seis métodos obtidos na literatura, comparados com o tempo medido.

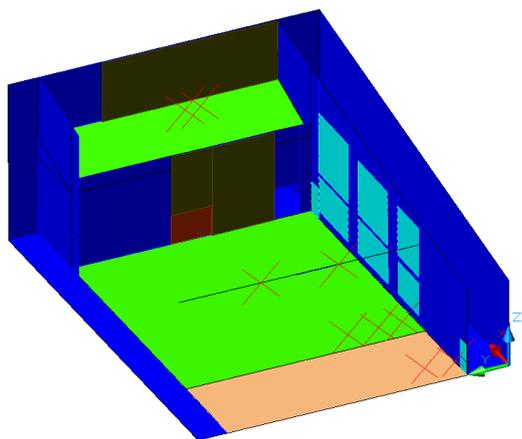


**Figura 3.** Comparação entre os tempos de reverberação teóricos e medidos

Avaliando os métodos utilizados para o cálculo, Millington, Eyring e Sabine se diferem dos demais, enquanto Fitzroy 1 e Fitzroy 2 preveem de forma satisfatória os valores medidos, exceto para a frequência de 125 Hz, uma vez que o sinal acústico nas baixas frequências sofre muita influência de ruídos oriundos de outras fontes externas, o que dificulta a sua filtragem para a análise.

### Simulações

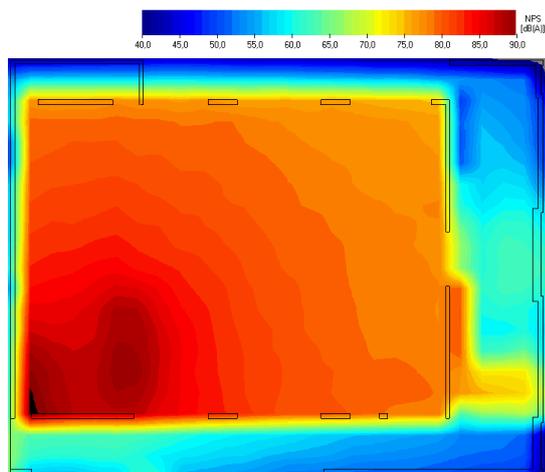
Com a utilização de um programa computacional desenvolvido pelo LAV pode-se simular a nave a igreja. Um modelo tridimensional foi, então, desenvolvido para simulações acústicas, como pode ser observado na Fig. (4). A princípio ele será utilizado para melhor visualização do campo sonoro atual e prever os resultados das possíveis modificações. A potência sonora das fontes é de 80 dB para todas as bandas de oitava.



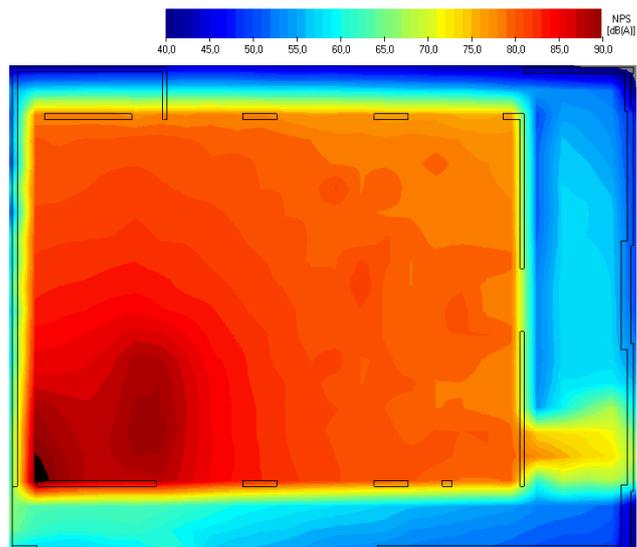
**Figura 4.** Vista tridimensional do modelo simulado

Na sequência são apresentados os resultados das simulações realizadas a partir do modelo computacional proposto.

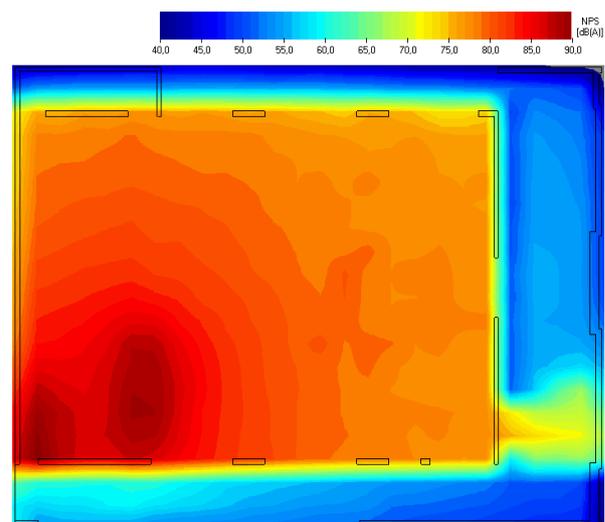
As figuras de 5 a 7 mostram todas as simulações realizadas considerando os receptores a 1,6 metros do chão.



**Figura 5:** Simulação realizada com a colocação de carpete no fundo do salão e os receptores a 1,6 metros do chão



**Figura 6:** Simulação realizada com a colocação de carpete na parte frontal do salão e os receptores a 1,6 metros do chão



**Figura 7:** Simulação realizada com a colocação de carpete na parte frontal e no fundo do salão. Os receptores estão a 1,6 metros do chão

Observa-se que, considerando a colocação de carpete apenas no fundo do salão, os níveis de pressão sonora para as condições simuladas se apresentam entre 75 dB e 88 dB. Na situação com o carpete apenas na frente, o nível médio não se altera significativamente, porém, colocando o carpete tanto na parte frontal quanto no fundo, espera-se uma redução de aproximadamente 3 dB no nível de pressão sonora interno da igreja.

## CONCLUSÃO

Depois de realizadas as medições e construção dos gráficos e simulações de pressão sonora, foi possível concluir que no interior do salão, os maiores níveis de pressão sonora atingem valores de 90 dB, para uma

fonte sonora com potência de 80 dB. Os tempos de reverberação medidos no salão foram próximos de 4 segundos, o que pode acarretar uma baixa inteligibilidade e incomodo sonoro. Utilizando as equações da literatura para cálculo de tempo de reverberação, foram encontrados valores similares, o que valida este método para prever o tempo de reverberação. As simulações apresentadas mostram alguns cenários de utilização do templo e, o que se mostrou mais efetivo para a redução do nível de pressão sonora, foi a utilização de carpete, ou material acusticamente similar, na parte frontal e no fundo do salão. É recomendado também a utilização de material com boa absorção acústica nas paredes laterais do templo (onde for possível colocar, sem afetar a iluminação natural), para que se tenha um tempo de reverberação na faixa de dois segundos.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer ao LAV por permitir a utilização do programa computacional, bem como todos os outros recursos necessários para o andamento deste trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

- Barron, R. F. "Industrial Noise Control and Acoustic." 1.ed. Marcel Dekker Inc., New York, 2003. 534p.
- Beranek, L. L.; Vér, I. L. "Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications". 1.ed. John Wiley & Sons Inc., New York, 1992. 804p.
- Bies, D. A.; Hansen, C. H. "Engineering Noise Control: Theory and Practice". 3.ed.. London and New York, 2003. 719p.
- Gerges, S. N. Y. "Ruído - Fundamentos e Controle". 2.ed. Editora NR, Florianópolis-SC, 2000. 674p.
- FTA-VA-90-103-06 (2006): "Transit Noise and Vibration Impact Assesment", Federal Transit Administration, Department of transportation – United States of America.

## **DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

Os autores são os únicos responsáveis por este artigo.