

## **AValiação DA QUALIDADE ACÚSTICA DE IGREJAS**

Ana Luiza Bigardi Januário (PIBIC/CNPq/Uem), Paulo Fernando Soares (Orientador), Doralice Ap. Favaro Soares (Co-orientador), e-mail: [analuzajanuario@hotmail.com](mailto:analuzajanuario@hotmail.com)

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Tecnológicas/Maringá, PR.

### **Engenharia Civil/ Construção Civil**

**Palavras-chave:** qualidade acústica, igrejas, conforto acústico.

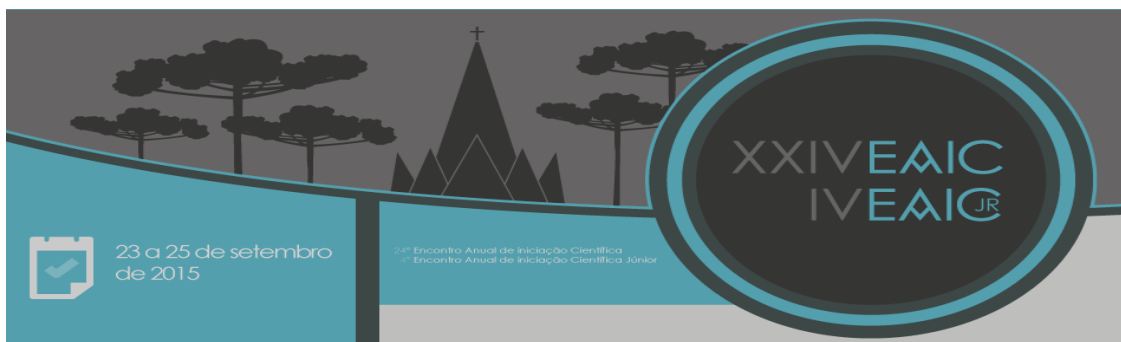
#### **Resumo:**

Na busca por ambientes sonoros de qualidade, estudos de Conforto Acústico proporcionam métodos de avaliação e adequação sonora para recintos cujas condições não estejam adequadas. Com a utilização de uma fonte sonora dodecaédrica 01dB-ACOEN e um sistema de medição composto por microfone omnidirecional, fonte de alimentação e software DIRAC, da B&K, e a partir das normas NBR e ISO, utilizando-se o método da fonte interrompida e resposta impulsiva, foi possível obter a curva de decaimento sonoro e o tempo de reverberação em cada posição de recepção. Além disso, fez-se análise do tempo de reverberação com relação ao que é preconizado pela NBR 12179:1992 para Igrejas Católicas, no sentido de se avaliar a adequação acústica do recinto e a necessidade de possível intervenção de tratamento acústico.

#### **Introdução**

Dentre os principais objetivos do presente estudo, tem-se a busca por condições positivas de conforto acústico, como a minimização dos efeitos negativos dos ruídos e tratamentos nos meios de transmissão do som, visando à constituição de um ambiente sonoro de qualidade. O som é refletido em todas as superfícies do ambiente repetidas vezes e esse reflexo será sempre percebido de duas maneiras: sonoridade aumentada e reverberação. É necessário um tempo equilibrado de reverberação, pois se o som reverberante permanece muito tempo no ambiente após ser emitido originalmente, isso impedirá sua clara percepção.

Além disso, se o som desaparecer muito rapidamente, alguns pontos do recinto serão prejudicados auditivamente. Assim como a absorção dos



materiais, a quantidade de som reverberante e o tempo de reverberação vão depender da frequência do som. Por isso, analisa-se nesse estudo a reverberação para frequências de 31,5, 63, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 e 16000 Hz do ruído emitido através de uma fonte omnidirecional na Catedral Basílica menor Nossa Senhora da Glória da cidade de Maringá-PR.

O espaço em estudo tem formato cônico, com dimensões 38m de diâmetro e 114m de altura (sem a cruz), resultando em cerca de 53,5 mil metros cúbicos de volume. Localiza-se no centro da cidade de Maringá, atendendo a maior parte da população, além de ser ponto turístico da cidade, com capacidade de 4700 pessoas.

## **Materiais e métodos**

A metodologia de avaliação a ser utilizada foi baseada nas seguintes normas NBR 11957:1988, NBR 12179:1992 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988 e 1992) e ISO 3382-1:2009 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2009), que apresentam, entre outras informações relevantes, métodos para a obtenção da curva de decaimento sonoro. Para o monitoramento acústico foi utilizado uma Fonte dodecaédrica omnidirecional da marca 01dB - ACOEN e um sistema de aquisição de dados que se constitui de um notebook, software Dirac, da B&K, fonte de alimentação e microfone omnidirecional Behringer, disponíveis no Laboratório de Conforto Ambiental do Departamento de Engenharia Civil (DEC).

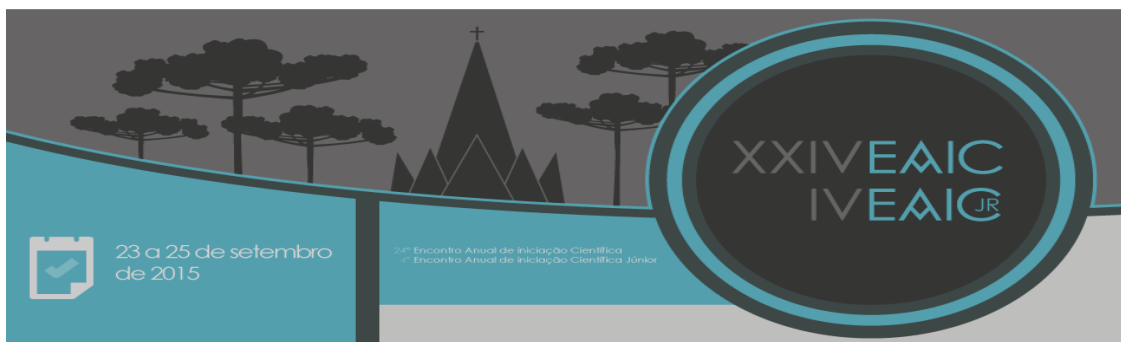
Com relação ao Tempo de Reverberação, na análise da curva de decaimento, o ajuste linear deve ser feito com base num decaimento de 20 ou 30 dB utilizando-se o declive dessa reta para o cálculo do tempo de reverberação representado por T20 e T30, que representam o decaimento dos 20 e 30 primeiros decibels. Pela NBR 12179:1992 o tempo de reverberação ótimo em Igrejas Católicas para a frequência de 500Hz para o volume de 53,5 mil metros cúbicos é de 2,37 segundos, através da equação de regressão abaixo:

$$T_{Restimado} = 0,1056 + 0,2079 \ln[V(m^3)]$$

Com R2 = 0,9893 e onde:

T<sub>Restimado</sub>: Tempo de reverberação estimado;

R2: Coeficiente de determinação.

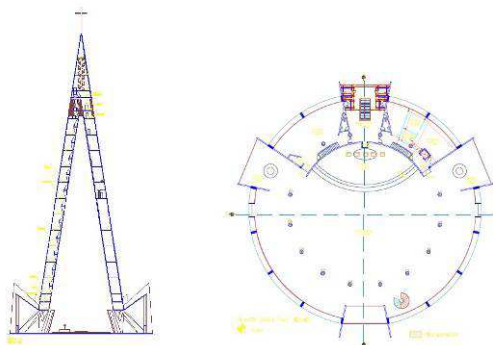


## Resultados e Discussão

A medição acústica na Catedral Basílica Menor Nossa Senhora da Glória foi realizada no dia 26 de maio de 2015.



**Figura 1** – Equipamentos distribuídos para realização da medição acústica na Catedral: Fonte dodecaédrica, software Dirac e Microfone.



**Figura 2**– Corte e Planta Baixa da Catedral

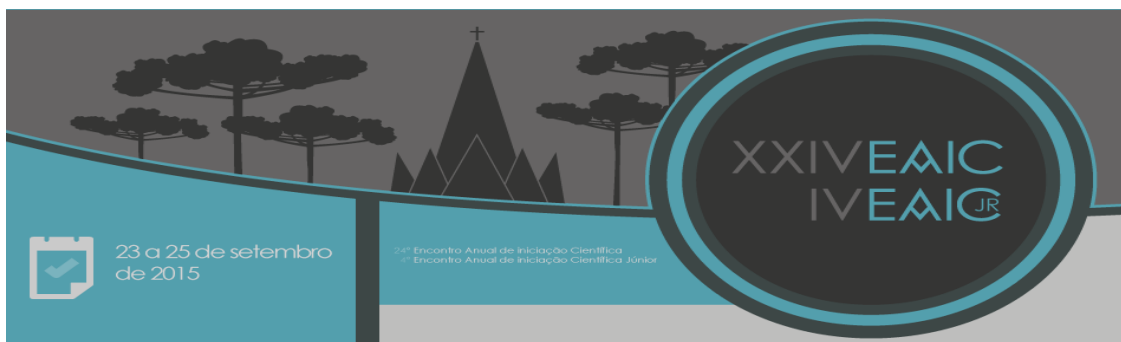
A partir disso foram obtidos os seguintes dados de tempo de reverberação em T20 e T30.

**Tabela 1** – Valores médios de reverberação medidos em 9 pontos.

Hz	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
T20 [s]:	14,22	11,45	12,72	12,16	11,15	8,89	7,17	5,16	3,06	6,05
T30 [s]:	15,13	11,54	12,24	12,19	11,24	9,33	7,34	5,33	3,46	6,39

Para a avaliação da quantidade de absorção necessária para a correção acústica do recinto, utilizou-se a equação à seguir (KUTRUFF, 2007).

$$T_R = \frac{24 \ln(10)}{[331,4 + 0,607T(^{\circ}C)]} \frac{V(m^3)}{A}$$



Onde  $T_R$  = tempo de reverberação em segundos;

$V$  = volume do ambiente em  $m^3$ ;

$T$  = temperatura em  $^{\circ}C$ ;

$A$  = quantidade de absorção em Sabines métricos.

Então a relação entre o tempo de reverberação ótimo e a média do tempo de reverberação medido pode ser estimada pela equação a seguir:

$$T_{R_{real}} - T_{R_{ótimo}} = \frac{24 \ln(10)}{[331,4 + 0,607T(^{\circ}C)]} \frac{V(m^3)}{\Delta A}$$

Assim, tendo como tempo de reverberação médio  $T_{R_{real}} = 11,20$  segundos na frequência de 500Hz, a partir da equação acima e temperatura média de  $27,43^{\circ}C$ , tem-se, para a correção acústica, que acrescentar uma absorção de  $\Delta A = 768,57$  Sabines métricos.

## Conclusões

A partir dos dados obtidos com o monitoramento acústico foi possível concluir, com a comparação com a norma NBR 12179:1992, que o tempo de reverberação médio na Catedral é cinco vezes maior que o tempo considerado ótimo. Assim, foi constatado que é necessário agregar ao ambiente uma quantidade de absorção de 768,57 Sabines métricos a fim de corrigir o tempo de reverberação em seus valores médios.

## Agradecimentos

À Universidade Estadual de Maringá e à Catedral Basílica Menor Nossa Senhora da Glória de Maringá.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Reverberação - Análise do tempo de reverberação em auditórios: **NBR11957**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tratamento acústico em recintos fechados: **NBR12179**. Rio de Janeiro, 1992.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 3382 - 1: 2009** - Acoustics -- Measurement of room acoustic parameters -- Part 1: Performance spaces, 2009.

KUTTRUFF, H. **Acoustics**: An introduction. New York: Taylor & Francis, 2007.