



**45º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA
8º CONGRESO IBÉRICO DE ACÚSTICA
EUROPEAN SYMPOSIUM ON SMART CITIES AND
ENVIRONMENTAL ACOUSTICS**

**AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO COM FOCO NO DESEMPENHO ACÚSTICO
DA CONCATEDRAL NOSSA SENHORA DO BOM CONSELHO–
ARAPIRACA- AL**

PACS: 43.55.Gx

Elizabeth de A. C. Duarte; Camilla C. Alécio
Grupo de Pesquisa Qualidade do Projeto de Arquitetura e Urbanismo – Q-ARA.
Instituição: Universidade Federal de Alagoas.
Endereço da Rua: Manoel Severino Barbosa
CEP:57309-005
País: Brasil
Tel: +82. 3482-1840
E-Mail: eacduarte@yahoo.com.br; camilla_alecio@hotmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the acoustic conditions of Concatedral Nossa Senhora do Bom Conselho, located in the city of Arapiraca - AL, which was focused on the relationship between the acoustic design and user satisfaction. For the technical evaluation, the distribution of sound rays, the reverberation time and the sound insulation. For user opinion, interviews with ceremony participants and performers were applied to know the satisfaction level of them. The research confirms that, even without expensive acoustic measurement devices, it is possible to achieve an acoustic evaluation using techniques of Post-Occupancy Evaluation to architects

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições acústicas da Concatedral Nossa Senhora do Bom Conselho, situadas no município de Arapiraca- AL, observando a relação entre o tratamento acústico e a satisfação dos usuários. Para a avaliação técnica, foram analisados a distribuição dos raios sonoros, o tempo de reverberação e o isolamento acústico. Para a avaliação da satisfação dos usuários, foram realizadas entrevistas entre os frequentadores das missas e também aos preletores. A pesquisa confirma que, mesmo sem os aparatos dispendiosos de medição, é possível chegar a uma avaliação acústica utilizando as técnicas de Avaliação Pós-Ocupação para os arquitetos.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento desordenado das cidades, o ruído é considerado um dos maiores problemas na vida moderna, podendo causar inúmeros problemas ao ser humano, desde físicos, psicológicos e materiais. Em recintos fechados, a qualidade acústica dependerá do atendimento aos seguintes requisitos: inteligibilidade do som, ausência de interferência de ruídos externos sobre o som de interesse, distribuição sonora uniforme, difusão sonora e tempo de reverberação adequado. Dependendo da função que um ambiente possua, existem condições estabelecidas em normas e legislações que buscam propiciar um melhor desempenho das atividades nesses ambientes.

As igrejas são edificações significativas na sociedade, sendo importante que sejam adequadamente analisados os dispositivos ou soluções mais apropriadas para promover a melhor inteligibilidade da comunicação no seu interior. Os templos católicos têm como objeto específico passar uma crença em que a divindade se faz presente pela reunião dos fiéis e pela força da Palavra, na forma de cânticos e leitura das escrituras sagradas (CAAS, 2005). De acordo com Barbo (2008), as exigências quanto às qualidades acústicas em ambientes de igreja abrangem a combinação de parâmetros relacionados diretamente à fala e à música. Nas últimas décadas, a igreja católica promoveu mudanças nas celebrações deixando de serem feitas em latim, passando para a língua portuguesa e ainda incorporaram execuções musicais. Essas modificações alteraram os costumes e conseqüentemente o uso destes ambientes. No entanto, em termos de projeto arquitetônico, esses ambientes se mantiveram praticamente com a mesma tipologia, o que gera inevitavelmente problemas acústicos nestes recintos.

As avaliações dessas construções e do comportamento do público são fundamentais para o retorno do conceito projetual e da obra. Nesse sentido, a Avaliação Pós-Ocupação (APO) desempenha um importante papel no sentido de aproximar a realidade esperada pelo usuário do produto construído, independentemente do espaço construído em questão. A APO, portanto, é um instrumento eficiente na realimentação de projetos semelhantes, bem como no controle de qualidade global do ambiente construído ao longo de sua vida útil (ORNSTEIN; ROMERO, 1992).

Dentro desse contexto, este trabalho partiu da iniciativa de um grupo de alunos de arquitetura que, ao estudar conceitos básicos de acústica, perceberam que era possível identificar problemas acústicos em diversas construções na cidade, mesmo sem equipamentos de medição, chamando-os maior atenção a Concatedral de Nossa Senhora do Bom Conselho (ver Fig. 1 e 2), por sua função que desempenha. Por falta de equipamentos de medições acústicas adequados, o grupo fez uso das ferramentas de APO na Concatedral, como: aplicação de questionários (análise subjetiva), avaliação de projetos e cálculo de predição (análise analítica), de modo a identificar os problemas acústicos da mesma e comparar com o nível de satisfação de seus usuários. O objetivo do trabalho não foi uma avaliação final e aprofundada sobre o desempenho acústico da igreja, mas buscar uma forma mais rápida de ser realizada por arquitetos, evitando, assim, erros comuns de projeto.



Figura 1: Vista externa da Concatedral.



Figura 2: Vista interna da Concatedral.

2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

A metodologia aplicada neste trabalho foi realizada em duas fases. A primeira fase foi avaliação técnica, que se subdividiu em quatro etapas. A segunda fase foi avaliação do usuário, que se subdividiu em duas etapas, conforme exposto em seguida.

2.1 AVALIAÇÃO TÉCNICA

Etapa 1- Caracterização do objeto de estudo: O critério de escolha utilizado para a seleção da Concatedral foi seu valor patrimonial, sendo a maior igreja católica do município, construída em 1952, e por já ter obtido reclamações de problemas acústicos por parte dos frequentadores. A nave principal da igreja tem capacidade para 600 pessoas sentadas, tendo área total construída de 1102,23 m² e 9 m de pé-direito. Ela está situada na principal praça no centro da cidade, onde parte do comércio da cidade acontece e, como na maioria das cidades do interior do Brasil, é o principal marco arquitetônico da cidade. Com o crescimento da cidade, apresenta conflitos com o entorno devido ao elevado nível de ruído externo, como mostra a figura 3.



Figura 3: Vista Superior-Inserção da igreja no centro da cidade.

Fonte: SEPLAM, 2011.

Etapa 2- Distribuição dos raios sonoros: Para analisar a distribuição dos raios sonoros no ambiente, foram usados os raios diretos e refletidos em distintos pontos representativos da igreja, detectando possíveis ecos, observando o percurso dos raios sonoros e onde eles refletem.

Etapa 3- Cálculos do tempo de reverberação (T_r): Sabe-se que para APO, o ideal seria a medição de T_r , mas por falta de equipamento para medição na igreja, foi usada a fórmula de Sabine (Equação 01). Foram levantados todos os materiais que a compõem, junto com sua área e coeficientes de absorção nas frequências 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.

$$T_r = \frac{0,161 \cdot V}{\sum (S \cdot \alpha)} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde: T_r = Tempo de reverberação (s); V = Volume (m^3); S = Área de contato do material (m^2); α = Coeficiente de absorção do material.

Etapa 4- Avaliação do isolamento acústico: Como bem define Carvalho (2010), isolar acusticamente um recinto fechado consiste em bloquear os ruídos externos ao mesmo a patamares compatíveis com a atividade a ser desenvolvida no seu interior. O contrário também se aplica, ou seja, bloquear ruídos internos evitando o incômodo da vizinhança. Por falta de equipamentos de medição de isolamento acústico, foi utilizado o cálculo de estimativa do isolamento acústico na frequência de 500 Hz. Para isso seguiu-se a equação descrita por Carvalho (2010) para se obter a transmissividade média (τ_m) (Equação 02) e em seguida o nível de redução de ruído (RR) (Equação 03) proveniente da igreja. Para isso, antes foi necessário conhecer a quantidade de energia sonora que deve ser reduzida. Deste modo, foram feitas medições *in loco* com o medidor de nível de pressão sonora (HDB 900), emprestado pelo 3º batalhão de polícia militar do Agreste alagoano. As medições ocorreram em dois momentos: durante o dia com a realização da missa, durante o dia sem a realização da missa. Os pontos de medição estão demonstrados na figura 4.

$$\tau_m = \frac{\sum \left[S \cdot \left(\frac{1}{10^{\frac{IA}{10}}} \right) \right]}{\sum S} \quad [\text{Eq. 02}]$$

Onde: τ_m = Transmissividade média; IA = Nível de isolamento acústico; S = Área de contato do material (m^2).

$$RR = 10 \log (1/\tau_m) \quad [\text{Eq. 03}]$$

Onde: RR = Nível de redução de ruído; τ_m = Transmissividade média.



Figura 4: Pontos de medição.

Fonte: GOOGLE EARTH-MAPS, 2014.

2.2 AVALIAÇÃO DO USUÁRIO

Etapa 1- Aplicação dos questionários para os frequentadores da missa - As entrevistas foram aplicadas aos frequentadores da missa. A escolha das pessoas para a aplicação do questionário se deu aleatoriamente, tendo como objetivo detectar a interpretação do ouvinte sobre as condições da acústica do recinto, em diferentes pontos.

Etapa 2- Aplicação dos questionários para a equipe de liturgia - As entrevistas foram aplicadas aos executores da missa, o padre, os músicos, os comentaristas e a equipe técnica responsável pela sonorização da igreja.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 AVALIAÇÃO TÉCNICA

3.1.1 ESTUDO DOS RAIOS SONOROS

Pela análise dos raios sonoros traçados, demonstrados na figura 5 em planta baixa e na figura 6 em corte transversal, foi observado que há muitos raios que são refletidos e não são direcionados ao público. No corte, a partir da metade da igreja, o raio sonoro refletido já não atinge a ouvintes. Alguns raios aparecem agrupados nos fundos da igreja e no centro, pois sua forma côncava colabora para que isso aconteça. Os principais problemas com as reflexões dos raios sonoros são provenientes da forma das paredes do fundo, das paredes laterais e do teto.

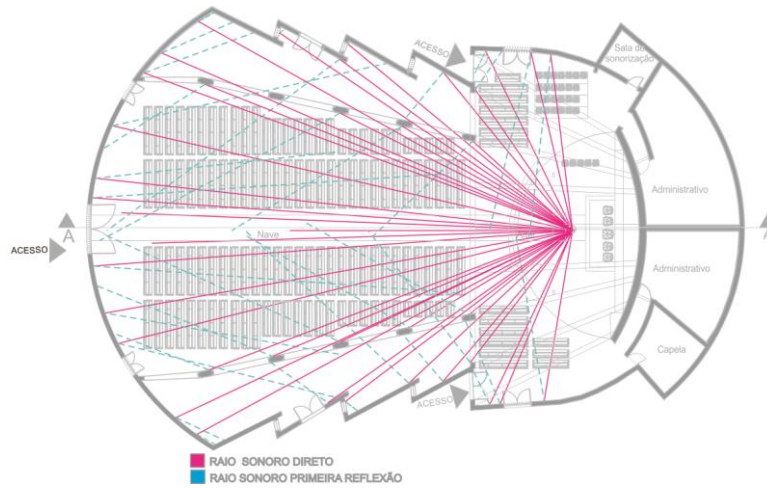


Figura 5: Planta baixa – Raios sonoros.



Figura 6: Corte AA' – Raios sonoros.

3.1.2 TEMPO DE REVERBERAÇÃO

O tempo de reverberação (T_r) da Concatedral está representado na figura 7. Como é representado na figura, o T_r excede largamente os valores ideais para este tipo de espaço. Os valores recomendados para assegurar uma boa inteligibilidade da palavra em igrejas situam-se entre 1,5 e 2,2 segundos, porém neste espaço verificou-se um valor total do T_r nas frequências centrais em 125 Hz e 4000 Hz situam-se entre 5,0 e 7,0 segundos, sendo um valor elevado para a função que a igreja exerce. Consta-se uma considerável diferença entre os valores obtidos para baixas frequências (7s e 6s) e os obtidos para altas frequências (atingindo 3s), mostrando a necessidade de materiais com absorção reativa. No entanto, mesmo nas altas frequências o valor continua alto quando comparado com os valores ideais.

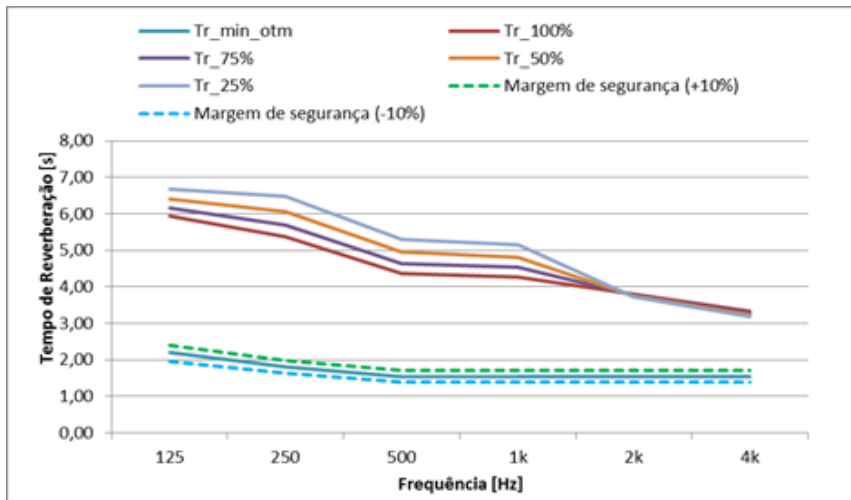


Gráfico 1: Tempo de reverberação da Concatedral.

3.1.3 AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO ACÚSTICO

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), NBR 10.152(1987), o nível de ruído admitido para igrejas e templos (cultos meditativos) é de 40 – 50 dB (A). Observa-se que o nível de pressão sonora dentro da Concatedral durante o culto é elevado, como é mostrado na tabela 1. Para os dias sem culto, existe uma influência dos sons emitidos externamente que, ao entrarem no templo, sofrem reflexões que passam a prolongar o som. A NBR 10.151(2000), admite para ambientes externos em área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, 50 dB (A) no período diurno e 45 dB (A) no período noturno. Logo, observa-se que o nível de ruído na localidade também é elevado, conforme os valores estipulados pela norma. Realizando medições do nível de pressão sonora emitido durante o culto dentro da igreja chegou-se a valores muito altos, de até 93,5 dB (A) e sem realização do culto dentro da igreja, de 65,2 dB (A).

Tabela 1: Medições do Nível de Pressão Sonora.

MEDIÇÕES DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (Leq)						
	P1: altar	P2: meio da igreja	P3: Final da igreja	Média dentro da igreja	P4: Fora da Igreja (Praça)	NBR 10.152
Dia sem culto	67,1 dB (A)	65,3 dB (A)	63,2 dB (A)	65,2 dB (A)	62,1 dB (A)	40 – 50 dB (A)
Dia com culto	93,7 dB (A)	91,6 dB (A)	95,2 dB (A)	93,5 dB (A)	80,7 dB (A)	(A)

Verificou-se que os materiais atualmente utilizados na igreja não ajudam na redução de ruído que são de aproximadamente 12,8 dB (A), como é mostrado na tabela 2. Vale salientar que esse cálculo se refere a frequência de 500 Hz, com templo completamente aberto, pois esta é sua condição real de uso.

Tabela 2: Isolamento acústico médio (500 Hz)

ISOLAMENTO ACÚSTICO MÉDIO (500 Hz)					
Concatedral em condição original- 100% ABERTA					
Localização	Especificação de material	S= Área (m ²)	IA (dB)	$\frac{1}{10^{IA/10}}$	$S \cdot \left(\frac{1}{10^{IA/10}}\right)$
Teto	Laje de concreto simples.	1.102,23	50	0,00001	0,01102
Parede (altar)	Mármore.	154,74	50	0,00001	0,00154
Paredes	Alvenaria (tijolo maciço), rebocada, emassada e pintada.	1.376,61	50	0,00001	0,01376
Janelas	Ferro com vidro fixo.	108,79	0	1,0000	108,7900
Portas	Madeira maciça.	76,66	0	1,0000	76,6600
Porta	Vidro.	1,84	0	1,0000	1,8400
Estrutural- Arcos, vigas e pilares.	Concreto simples.	755,81	50	0,00001	0,00755
	ΣS	3.576,68		$\sum \left[S \cdot \left(\frac{1}{10^{IA/10}}\right) \right]$	187,3238
Transmissividade média					0,052373
Redução de Ruído [dB]					12,80

3.2 AVALIAÇÃO DO USUÁRIO

3.2.1 AVALIAÇÃO DOS FREQUENTADORES DA MISSA

As entrevistas foram realizadas após o término das missas. Foram entrevistados 68 frequentadores, em sua maioria do sexo feminino (54%) de faixa etária variada, que se encontravam em pontos distintos da Concatedral. As entrevistas mostram que as pessoas sentem algum desconforto no que se refere à qualidade sonora, mas não percebem exatamente onde se apresenta o maior déficit no entendimento. Na figura 8, vê-se que a clareza com que as pessoas entendem os padres e os demais comentaristas é distinta, concentrando-se a maior dificuldade no entendimento da palavra do sacerdote, o que era esperado, pois as pessoas acompanham as músicas e os comentários da equipe litúrgica através do livro de cantos e orações, por esse motivo não sentem necessidade de compreensão apurada das respectivas.

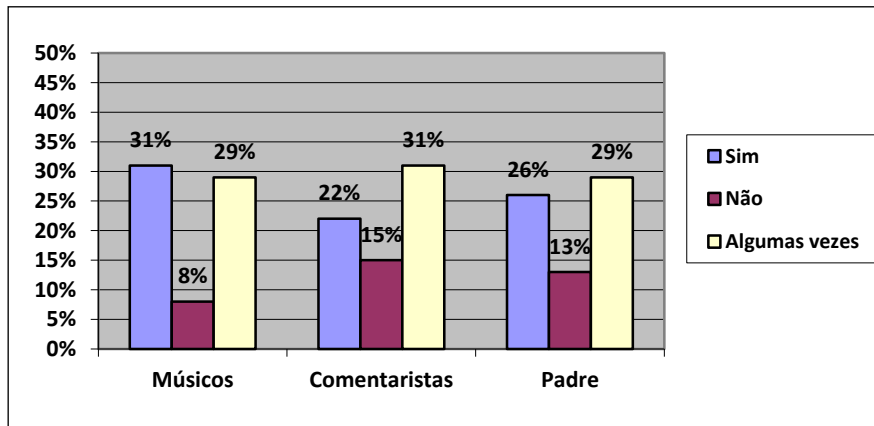


Figura 8: Resultado da pergunta: Ouviu com clareza as palavras proferidas pelo(s):

Foi observado que os fiéis tendem a se aglomerar nas primeiras cadeiras, próximo ao altar, como o total de 34% e um dos fatores apontados pelos frequentadores que levam a esse comportamento é a preocupação de entender melhor a palavra que é proferida pela equipe de liturgia.

3.2.2 AVALIAÇÃO DA EQUIPE DE LITURGIA

Após o término da missa, foram realizadas entrevistas com os celebrantes (padres, comentaristas e músicos), pois se esperava que esse grupo tivesse um conhecimento maior da problemática, já que convive diretamente com a execução da palavra e da música. Dentre os celebrantes entrevistados, constata-se que 30% consideram a qualidade sonora da Concatedral razoável, enquanto 20% identificaram como péssima, havendo relatos de que, algumas vezes, já receberam reclamações de frequentadores sobre a dificuldade de entendimento da missa. Sendo que todos os entrevistados enfatizaram que a maioria das reclamações sobre o problema acústico da Concatedral era de pessoas que se localizavam nos fundos e no centro da igreja durante a missa. O que foi comprovado na avaliação da distribuição dos raios sonoros da igreja.

A maioria dos músicos não é um profissional da área, mas apenas devotos que colaboram com as celebrações. Um dos entrevistados da equipe dos celebrantes classificou a qualidade sonora da Concatedral como *Péssima*. Vale salientar que se trata de profissional que trabalha com equipamentos sonoros da Concatedral e o mesmo disse que o problema não está nos equipamentos de som e sim na estrutura física da igreja.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho mostra uma avaliação da qualidade acústica da Concatedral Nossa Senhora do Bom Conselho, relacionando o tratamento acústico e a percepção acústica do usuário. Mesmo sem equipamentos de medição acústica, constatou-se que a igreja apresenta erros de projeto arquitetônico, acarretando num insatisfatório desempenho acústico que pode afetar no entendimento da missa para dos fiéis dentro da edificação, que muitas vezes, pela dificuldade de entendimento acabam não prestando a devida atenção nos ensinamentos, refletindo no objetivo principal da igreja.

O trabalho fornece informações que podem servir de base para novos estudos em igrejas e confirma que mesmo sem os aparelhos de medição, é possível chegar a uma avaliação acústica contundente utilizando as técnicas de Avaliação Pós-Ocupação para os profissionais

de arquitetura. Foi visto que, para a aplicação de questionários é de extrema importância buscar informações da equipe de liturgia, pois esta tem uma visão mais crítica do espaço. Vale ressaltar que para esse tipo de edificação, com grande importância simbólica para os usuários, foi observado que alguns frequentadores temeram ou não deram uma opinião crítica sobre o ambiente, por respeito ao que a edificação representa.

Com isso, a pesquisa teve a intenção de colaborar com os responsáveis pela Concatedral, visando futuras intervenções tratamentos para qualificação acústica do ambiente, pois após esse estudo, já se discute uma possível reforma do interior da edificação.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10152**: Acústica – Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1986.

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

BARBO, M. N. **Avaliação acústica de um templo católico de grandes dimensões submetido à excitação impulsiva**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSM, 2009.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus Editora, 2010.

CAAS - COMISSÃO ARQUIDIOCESANA DE ARTE SACRA. Guia de informações para projeto e execução de igrejas. Arquidiocese de Porto Alegre, RS, 2005.

GOOGLE EARTH-MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Arapiraca+-+AL/@-9.7531448,-36.6605696,17z/data=!4m2!3m1!1s0x705d59f85a60b6f0374f7f3fba>>. Acesso em: 21/02/2014.

NASCIMENTO, J. C. R. do. **Desenvolvimento de um sistema eletroacústico para sonorização de ambientes– Estudo de caso em uma igreja**. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina, 2012.

ORNSTEIN, S, W; ROMÉRO, M. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo. 1992.

SEPLAM. **Secretaria Planejamento Municipal de Arapiraca**. 2011

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e condicionamento de Ar**. 6ª ed. Belo Horizonte: EDTAL – Empresa Termo Acústica LTDA, 2011.