



**46º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA
ENCUENTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA
EUROPEAN SYMPOSIUM ON VIRTUAL ACOUSTICS
AND AMBISONICS**

**ARQUITETURA, ACÚSTICA E LITURGIA: AVALIAÇÃO E PROPOSTA
ACÚSTICA DA CONCATEDRAL NOSSA SENHORA DO BOM CONSELHO
EM 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

In the liturgical of the Catholic Church, speech and music make up the main activities, making the essential acoustic quality. Generally, the Catholic churches have poor intelligibility and high sound, becoming a noisy source. The study evaluates the acoustics of Concatedral Our Lady of Good Counsel in Arapiraca- AL, proposing an acoustic adaptation. The methodology was divided into: Distribution Analysis of the sound rays, reverberation time calculation, evaluating the sound insulation, the distribution of artificial sound, electroacoustic installed power, the acoustic perception of users and an acoustic correction proposal. As a result could be a good acoustic performance in Concatedral.

RESUMO

Na litúrgica da Igreja Católica, fala e música compõem as principais atividades, tornando a qualidade acústica essencial. Geralmente, as igrejas católicas apresentam má inteligibilidade e alta sonorização, tornando-se uma fonte ruidosa. O trabalho avalia as condições acústicas da Concatedral Nossa Senhora do Bom Conselho, em Arapiraca- AL, propondo uma adequação acústica. A metodologia foi dividida em: análise da distribuição dos raios sonoros, cálculo do tempo de reverberação, avaliando o isolamento sonoro, a distribuição da sonorização artificial, a potência eletroacústica instalada, a percepção acústica dos usuários e uma proposta de correção acústica. Como resultado conseguiu-se um bom desempenho acústico na Concatedral.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento 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 (SOUZA, 2009). 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 local e ainda incorporaram músicas congregacionais com a inserção de vários instrumentos acústicos e eletroacústicos. Essas modificações alteraram os costumes e conseqüentemente o uso destes ambientes.

Entre os principais problemas acústicos de templos religiosos está a baixa inteligibilidade por parte dos ouvintes. Isso ocorre por falta de adequação do espaço arquitetônico, pois estes recintos permanecem inalterados ao longo do tempo, e mesmo com a mudança da liturgia, não há transformação nesse espaço. Outro problema está relacionado com a interferência dos ruídos externos sofridos por estes recintos, já que a maioria dos templos está localizada em vias de tráfego intenso de veículos. Com esses agravantes, os templos, em sua maioria, recorrem a aparelhos eletroacústicos, de reforço sonoro. Segundo Nascimento (2012), o uso dos equipamentos eletroacústicos nas igrejas é visto como uma forma de auxiliar na resolução destes problemas, diretamente ligados à inteligibilidade da palavra seja cantada ou falada. Mas quando não há o cuidado na distribuição, instalação e utilização dos equipamentos eletroacústicos, eles se tornam fontes de ruídos internos sendo a causa de desconforto acústico nos fiéis.

Dentro desse contexto, este trabalho avalia as condições acústicas da Concatedral Nossa Senhora do Bom Conselho em Arapiraca-AL, mostrada na Figura 1, para se obter as condições ideais de funcionamento e, logo após, sugerir uma proposta de correção acústica.

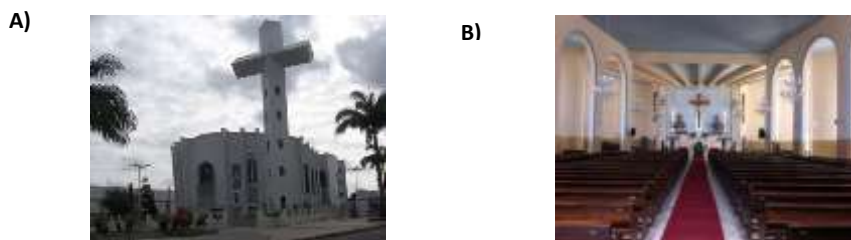


Figura 1 – Vista da Concatedral Nossa Senhora do Bom Conselho: (A) externa; (B) interna.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo avaliar as condições acústicas da Concatedral Nossa Senhora do Bom Conselho, situada no município de Arapiraca - AL, observando a relação entre a opinião do usuário, o desempenho acústico e eletroacústico, com finalidade de propor uma adequação acústica para recinto.

3. MÉTODO

Este trabalho foi realizado em oito etapas, mostradas a seguir:

Etapa 1- Caracterização do objeto de estudo: O critério de escolha utilizado para a seleção da Concatedral foi seu valor patrimonial, construída em 1952 é maior igreja católica do município. A igreja tem capacidade para 600 pessoas sentadas, com área total construída de 1102,23 m², pé-direito de 9 m e volume de 10.086 m³. Ela está situada na principal praça no centro da cidade, onde parte do comércio da cidade acontece, como mostra a Figura 2.



Figura 2 – Vista Superior-Inserção da igreja no centro da cidade (SEPLAM, 2011).

Etapa 2- Distribuição dos raios sonoros: Para analisar a distribuição dos som no ambiente, foram traçados manualmente os raios sonoros simulando o som direto e refletido em distintos pontos da igreja, a fim de detectar possíveis erros de projeto que seriam decorrentes da geometria da igreja.

Etapa 3- Cálculos do tempo de reverberação (Tr): Foi utilizada a fórmula de Sabine, para isso foi necessário o levantamento de todos os materiais de revestimento que compõem a parte interna da igreja, junto com sua área e coeficientes de absorção nas frequências 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.

Etapa 4- Avaliação do isolamento acústico: Para a estimativa do isolamento acústico da igreja na frequência de 500 Hz, foi utilizada a equação descrita por Carvalho (2010) para obter a transmissividade média (τ_m) mostrada na Equação 1 que, em seguida, foi aplicada na Equação 2 para se chegar ao nível de redução de ruído (RR):

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

Onde:

τ_m é a transmissividade média [dB/m²];
IA é o nível de isolamento acústico [dB];
S é a área de contato do material [m²].

$$RR = 10 \log \cdot (1/\tau_m) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

RR é o nível de redução de ruído [dB];
 τ_m é a transmissividade média [dB/m²].

Para os cálculos, antes, fez-se necessário conhecer o nível de redução de ruído (RR). 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. Foram medidos 4 pontos demonstrados na Figura 3, o altar, o centro, o fundo da igreja e a área externa.



Figura 3 – Pontos de medição (GOOGLE Earth-Maps, 2014).

Etapa 5- Distribuição da sonorização artificial no ambiente: Para a avaliação do sistema de reforços acústicos, foi analisada a localização e a distribuição sonora dos equipamentos eletroacústicos. Par isso foi feito uma representação gráfica do percurso sonoro emitido pelas caixas acústicas no ambiente, levando em consideração as informações técnicas do ângulo de propagação sonora das caixas acústicas, disponibilizadas pelo fabricante, seguindo o modelo do trabalho feito por Oliveira (2013) e Cunha (2014).

Etapa 6- Potência eletroacústica: Segundo Nascimento (2012), a arquitetura das igrejas católicas não foi projetada para receber um sistema de captação, amplificação e projeção sonora. Os modelos tradicionais de caixas acústicas quando instalados em ambientes com

problemas de ordem acústica apresentam como resultado a insatisfação para o instalador e para os usuários. Para a avaliação da potência eletroacústica, Silva (2011) apresenta uma forma de se fazer uma estimativa, segundo o autor, sem grande margem de erro, que foi utilizada no cálculo da potência sonora da Concatedral, mostrado na Equação 3.

$$P = \frac{V \cdot p^2}{300 \cdot t}$$

Equação 3

Onde:

P é a potência elétrica necessária a ser instalada na sala, em Watt [W];

V é o volume [m³];

t é o tempo de reverberação do local [s];

p é a pressão acústica desejada [μ bar]. As pressões recomendadas em espaços fechados são: Sala com música leve (igrejas), restaurantes = 8 μ bar.

Etapa 7- Avaliação acústica do usuário: Para detectar a interpretação do usuário sobre as condições da acústica do recinto, foram aplicados questionários para os frequentadores da missa e para a equipe de liturgia. Os questionários aplicados aos frequentadores da missa se deram de maneira aleatória, em diferentes postos dentro da igreja e após a missa. Também foram aplicados questionários aos executores da missa, o padre, os músicos, os comentaristas e a equipe técnica responsável pela sonorização da igreja.

Etapa 8- Proposta de adequação acústica: Após análise, foram obtidas as condições de funcionamento, possibilitando detectar o comportamento acústico, para se sugerir uma proposta de adequação acústica. Essa proposta acústica tem como critério principal proporcionar uma boa qualidade acústica dentro do recinto sem interferir nos fatores culturais e históricos da igreja.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados da avaliação de projeto arquitetônico, cálculo de predição e avaliação do nível de satisfação acústica do usuário.

4.1. Avaliação da distribuição dos raios sonoros

Pela análise da propagação dos raios sonoros traçados, demonstrados na Figura 4, em planta baixa e 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 os ouvintes. Alguns raios aparecem agrupados nos fundos e no centro da igreja, 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 e do teto plano.

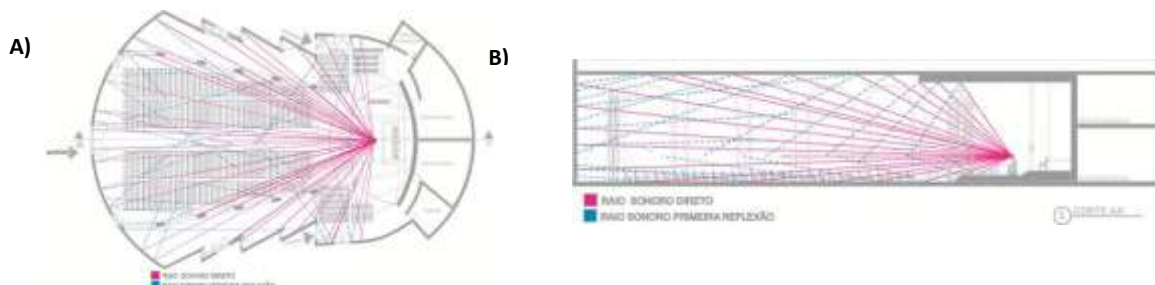


Figura 4 – Distribuição dos raios sonoros da Concatedral: (A) planta baixa; (B) Corte transversal.

4.2. Avaliação do tempo de reverberação

O cálculo do tempo de reverberação da Concatedral está representado na Figura 5. Observa-se que o Tr excede largamente os valores ideais para este tipo de espaço. Segundo a NBR 12179, os valores recomendados para assegurar uma boa inteligibilidade da palavra em igreja católica situam-se entre 2,0 e 2,8 segundos (s), porém neste espaço verificou-se um

valor total do Tr entre 3,0 e 8,0 s nas frequências centrais entre 125 Hz e 4000 Hz, sendo um valor elevado para a função que a igreja exerce. Consta-se uma considerável diferença entre os valores obtidos para baixas frequências (5s e 7,5s) e os obtidos para altas frequências (atingindo 3s). No entanto, mesmo nas altas frequências, o valor de Tr continua alto quando comparado com os valores ideais. Isso permite concluir que a igreja se apresenta altamente reflexiva, principalmente para o intervalo de frequência de 125 Hz a 1000 Hz, que são os sons graves e médios.

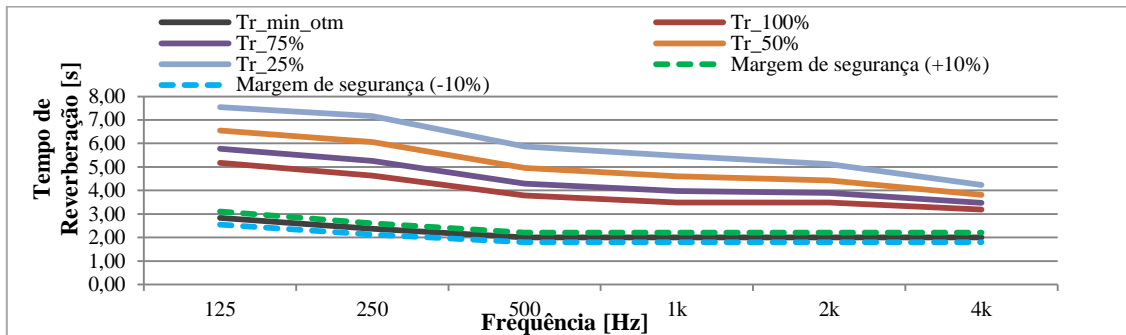


Figura 5– Tempo de reverberação da Concatedral.

4.3. 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 missa, os valores externo e interno são bastante próximos, mostrando a fragilidade do isolamento acústico das partições.

A NBR 10.151(2000), admite para ambientes externos em área mista, com vocação comercial e administrativa, 60 dB (A) no período diurno e 55 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 a missa dentro da igreja, chegou-se a valores muito altos, de até 93,5 dB (A) e sem realização de missa 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)	

Verificou-se também 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. Um fator relevante são as janelas e portas que permanecem sempre abertas, mas a questão da tipologia da igreja e o clima quente e seco do agreste alagoano, não permitem uma outra possibilidade, a não ser em poucas fachadas.

Tabela 2: Isolamento acústico médio (500 Hz)

Concatedral em condição original- Janelas abertas					
Localização	Especificação de material	S= Área (m²)	IA (dB)	$\frac{1}{10^{IA/10}}$	$S \cdot \left(\frac{1}{10^{IA/10}}\right)$
Teto	Laje de concreto armado	1.102,23	50	0,00001	0,01102
Parede (altar)	Mármore	154,74	50	0,00001	0,00154
Paredes	Concreto armado pintado	1.376,61	50	0,00001	0,01376
Janelas	Ferro com vidro	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
Arcos, vigas e pilares.	Concreto armado pintado	755,81	50	0,00001	0,00755
ΣS		3.576,68		$\Sigma \left[S \cdot \left(\frac{1}{10^{IA/10}}\right) \right]$	187,3238
Transmissividade média					0,052373
Redução de Ruído [dB]					12,80

Vale salientar que esse cálculo se refere à frequência de 500 Hz, com templo completamente aberto, pois esta é sua condição real de uso. Nesta situação, os níveis máximos de ruído seriam reduzidos a 80,7 dB(A), significando que o nível de ruído ainda está muito acima do estipulado pela norma (55 – 60dB).

4.4. Distribuição sonorização artificial no ambiente

Para análise do comportamento atual do som que saem das caixas acústicas, foi elaborada a Figura 6, onde o som é representado pela cor azul. O ângulo de propagação do som das caixas informado pelo fabricante é de 90°, a partir do centro de propagação da mesma.

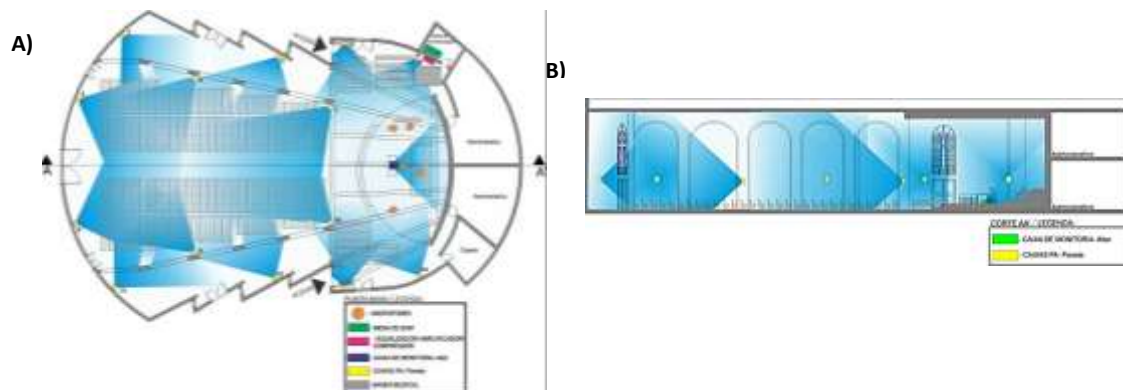


Figura 6 – Distribuição sonorização artificial da Concatedral: (A) planta baixa; (B) Corte transversal.

A avaliação mostrou que a igreja apresenta alguns erros no projeto eletroacústico. Observou-se que na nave há uma grande concentração de caixas acústicas do tipo P.A., fixadas nas paredes a 2,50 m do chão, que são direcionadas de forma incorreta, contribuindo para alta intensidade sonora neste local. As caixas acústicas não deveriam ser fixas diretamente na parede, pois estas perdem energia sonora para a estrutura onde está fixada. Outro ponto importante é a localização e inclinação das caixas acústicas, estas devem ser inclinadas em direção ao público, ou seja, o som que chega aos ouvidos deve vir de frente ou na diagonal do receptor, nunca por trás, como acontece nas caixas acústicas localizadas na parede dos fundos da nave, mostrada na Figura 6 (A). Além disso, observa-se que há uma grande intensidade sonora, nos fundos da igreja, provocando diversas reflexões que prejudica a inteligibilidade. As caixas de monitoria estão direcionadas de maneira equivocada para o corpo do padre e não para os ouvidos, com é indicado. Outro erro é a localização da mesa de som que fica em uma sala, próxima ao altar, onde o técnico de sonorização não tem a percepção do comportamento sonoro no recinto. Tudo isso contribui para alta intensidade sonora e, também, para a baixa inteligibilidade da igreja.

4.5. Potência eletroacústica instalada

O cálculo da potência foi realizado através da uma relação entre a potência eletroacústica e o tempo de reverberação (Equação 1), para a frequência de 500Hz, conforme mostra a Tabela 3. A igreja atualmente está utilizando uma potência de 3.700W, que se refere a aproximadamente três vezes a mais da quantidade indicada com o TR ideal.

Tabela 3: Potência Eletroacústica Instalada.

Potência eletroacústica instalada (500Hz)					
	Ótimo	25% de ocupação	50% de ocupação	75% de ocupação	100% de ocupação
TR (s)	2,0	5,29	4,95	4,64	4,37
Potência (W)	1.076,77	406,7	434,5	470,1	492,3
Potência atual = 3.700 W					

4.6. Avaliação acústica do usuário

Foram entrevistados 68 frequentadores após a missa, em sua maioria do sexo feminino (54%) de faixa etária variada. As entrevistas mostram que as pessoas sentem algum desconforto no que se refere à qualidade sonora. Na figura 7, vê-se que a clareza com que as

As pessoas entendem o padre 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.

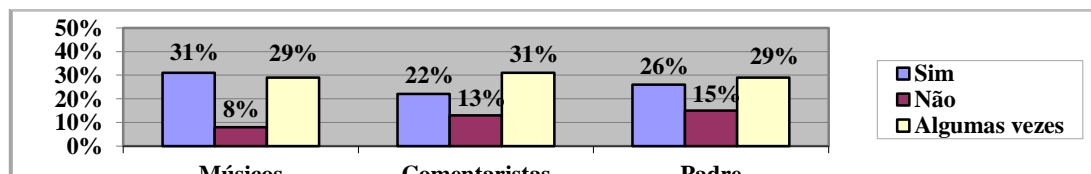


Figura 7: Resultado da pergunta: Ouvir com clareza as palavras proferidas pelo(s):

Nas entrevistas, 34% dos fiéis responderam que preferem se sentar nas primeiras cadeiras, próximo ao altar, sendo a preocupação de entender melhor a palavra que é proferida pela equipe de liturgia um dos fatores apontados pelos frequentadores que levam a esse comportamento.

Na avaliação da equipe de liturgia, 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, constatou-se que 70% consideraram a qualidade sonora da Concatedral razoável, enquanto 30% identificaram como péssima, havendo relatos de que 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 confirmado na avaliação da distribuição dos raios sonoros e na distribuição sonorização artificial da igreja.

A maioria dos músicos não são profissionais da área, mas apenas devotos que colaboram com as celebrações. Um dos entrevistados da equipe dos celebrantes classificou a qualidade sonora da igreja 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 na qualidade dos equipamentos de som e sim na estrutura física da igreja.

Percebeu-se que alguns frequentadores não emitiram uma opinião mais crítica na avaliação acústica do recinto por respeito ao que a edificação representa. No entanto, não houve esta preocupação vindo da equipe de liturgia, eles relataram o grande problema acústico que a igreja vem sofrendo, o qual foi comprovado na avaliação acústica da igreja.

5. PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO ACÚSTICA

A proposta de adequação acústica está apresentada em dois momentos: primeiramente é mostrada a correção das condicionantes acústicas e, logo após, a correção eletroacústica do recinto.

5.1. Correção do condicionamento acústico

Para a adequação no condicionamento acústico da Concatedral buscou-se atuar nos elementos e revestimentos interiores do ambiente, alterando a absorção sonora e intervindo na difusão acústica.

Como alternativa para melhor condicionamento acústico da igreja, sugeriu-se a inclusão de materiais com características absorventes mais eficientes para a igreja, em busca de um bom tempo de reverberação. Como proposta, para o piso foi indicada a utilização de carpete de 6mm para a área de maior circulação interna no templo. Além de absorver o som, esta alternativa também favorece a diminuição dos níveis de ruído de impacto ocasionado pelo tráfego de pessoas no ambiente durante a celebração da missa. Também foi indicado trocar os bancos de madeira maciça da igreja por bancos com assento e encosto munidos de estofamento poroso e espesso, ao contrário dos utilizados atualmente, esses bancos apresentam bons índices de absorção sonora.

Para aumentar a absorção, foi proposto nas paredes da nave até 2,10m do chão o painel modular com lã de vidro revestido de tecido na face aparente e bordas, de aplicação modular. Para melhorar a absorção sonora também foi sugerido acrescentar nas paredes da

igreja 6 painéis modulares de 2,50 x 2,00m, sendo posicionados a 3,15m do chão. No teto da nave, recomendou-se a utilização do forro com lâ de vidro, fixado na laje, para evitar a grande reflexão de raios provinda do teto reflexivo.

Como foi mostrado anteriormente, no estudo da distribuição dos raios sonoros, a Concatedral tem em suas paredes a forma e materiais muito reflexivos ajudam a concentrar o som nos fundos da igreja, dificultando a inteligibilidade dentro do recinto. Para solucionar este problema, foi sugerido acrescentar o carpete na parede côncava do fundo da Concatedral. Para ajudar difusão sonora da nave, recomendou-se chanfrar o teto no final da nave com gesso acartonado de 12,5mm, em um ângulo de 42º, para que o som seja melhor direcionado para o ouvinte que fica nos fundos da igreja.

Para melhor distribuição de som no altar, sugeriu-se aplicar difusores em madeira laqueada PRD (*Primitive Root Diffusor*), nas duas paredes laterais do altar, para que o som emitido pelo padre seja melhor aproveitado pelos os músicos e o coral. No teto do altar, sugeriu-se rebaixar gradualmente o pé-direito, em alturas variadas, começando a inclinação a partir de 3 metros, com gesso acartonado de 12,5mm, para melhor distribuição de som para a nave. As alterações sugeridas na Concatedral são mostradas nas simulações em 3D nas Figuras 7.

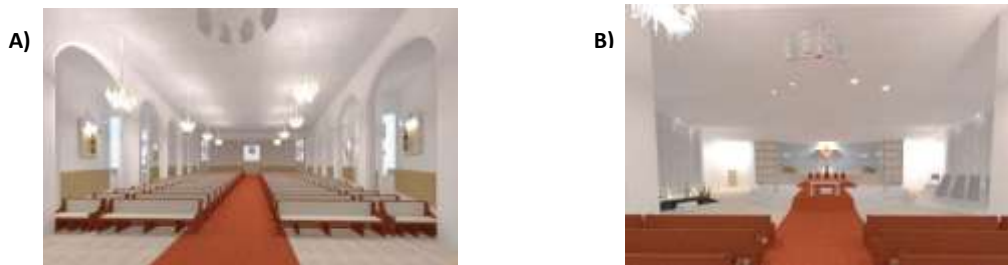


Figura 7 – Proposta acústica da Concatedral: (A) Vista da nave; (B) Vista do altar.

Com a utilização dos materiais expostos acima, o Tempo de Reverberação da igreja alcançou níveis aceitáveis, conforme a Figura 9.

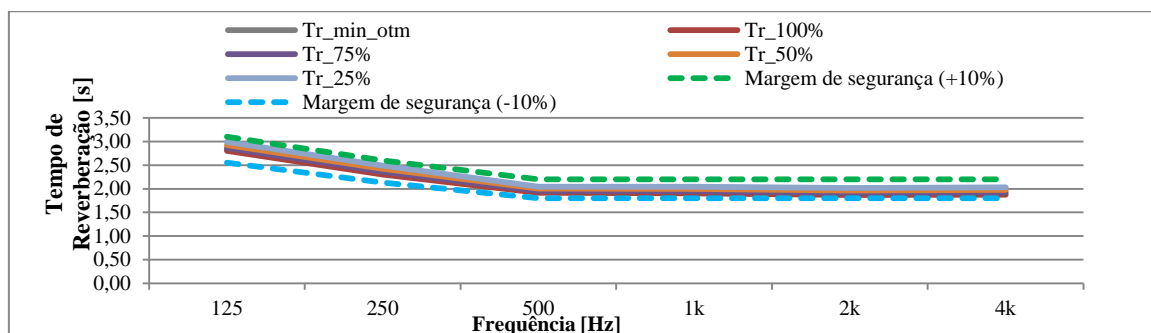


Figura 9– Tempo de reverberação na proposta da Concatedral.

Após o cálculo do TR, foi feito o estudo da distribuição dos raios sonoros, mostrado na Figura 10. Observa-se que após a proposta de intervenção acústica do recinto, a distribuição sonora foi melhor direcionada ao público. Os raios que não são direcionados aos ouvintes são absorvidos pelos materiais, assim evitando os principais problemas com as reflexões dos raios sonoros como acontece atualmente.

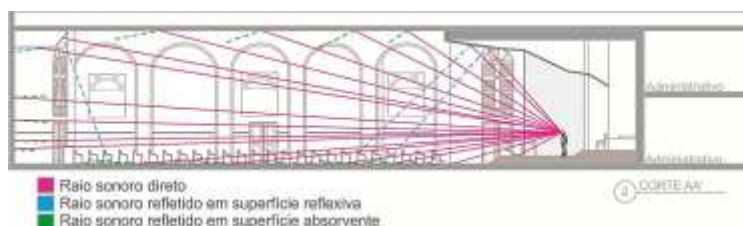


Figura 10 – Distribuição dos raios sonoros proposta acústica da Concatedral, em corte transversal.

Para tentar diminuir a problemática do isolamento sonoro, já que a igreja não poderia funcionar de portas fechadas durante as cerimônias, sugeriu-se que a Concatedral mantenha fechadas durante a liturgia as 3 portas que estão voltadas para a lateral voltada para o Largo Dom Fernando Gomes (lado norte), onde se localiza o maior fluxo de carros, para assim diminuir o ruído proveniente do trânsito.

5.2 Correção do condicionamento eletroacústico

O direcionamento e o posicionamento das caixas de som que compõem um sistema de reforço sonoro são essenciais para a eficiência deste sistema. Para a melhoria da qualidade eletroacústica da Concatedral, sugere-se retirar as 14 caixas acústicas que estão fixadas nas paredes e colocar o sistema de *cluster* central, composto por 4 caixas acústicas. Para as caixas tipo monitores sugeriu-se colocar duas caixas, uma direcionada para o padre e outra para os músicos da igreja, com maior distanciamento do emissor, diferente da atual, que fica muito próxima da fonte. Indica-se que as caixas fiquem à 2 m de distância da fonte, para que o som seja direcionado aos ouvidos. Outro problema que interfere diretamente na boa qualidade da sonorização artificial da igreja é a localização da mesa de som. Para solucionar essa problemática, sugere-se relocar a mesa de som para os fundos da igreja, com a finalidade de o operador de áudio ter maior controle e percepção do som no recinto. Para maior comodidade do operador de áudio e disposição dos equipamentos eletroacústicos, indicou-se um *rack* para mesa de som. Os músicos também foram relocados de sua posição atual. Sugeriu-se colocá-los onde atualmente está o coral da igreja e o coral da igreja ficaria na outra lateral onde ficam os bancos próximos ao altar, estes estariam melhor direcionados ao público. Todas as intervenções são mostradas na Figura 11.

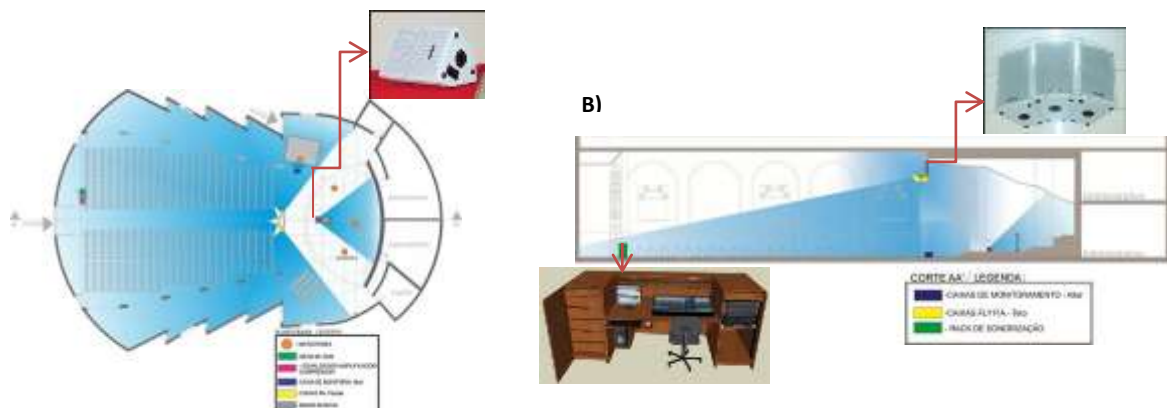


Figura 11 – Distribuição sonorização artificial na proposta eletroacústica da Concatedral: (A) planta baixa; (B) Corte transversal.

Para correção eletroacústica foi possível recalcular a potência necessária para a igreja com o novo tempo de reverberação proposto. Deste modo, foi realizada uma comparação entre a potência eletroacústica atual e a proposta, para a frequência de 500Hz, conforme mostra a Tabela 4. Para o melhoramento do condicionamento acústico, conclui-se que fazendo um tratamento acústico buscando atingir valores ótimos relacionados ao tempo de reverberação e isolamento acústico, o recinto necessitará de menos potência acústica para alcançar o objetivo de transmitir a mensagem de forma que todos dentro do templo entendam, contribuindo diretamente para um menor custo com equipamentos eletroacústicos.

Tabela 4: Nova Proposta- Potência eletroacústica instalada.

Potência Eletroacústica Instalada (500Hz)					
	Ótimo	25% de ocupação	50% de ocupação	75% de ocupação	100% de ocupação
TR (s)	2,00	1,86	1,90	1,94	1,98
Potência (W)	1.075,7	1.156,7	1.132,4	1.110,1	1.086,6
Potência atual= 3.700 W					
Potência proposta= 1.400 W					

É importante ressaltar que o valor da potência eletroacústica sugerida na proposta ficou acima do valor ótimo, pois esta pode variar em relação ao nível de Tr, que depende do público

existente, portanto decidiu-se aumentar esse valor, a fim de satisfazer os dias que as celebrações tiverem o maior número de ouvintes.

6. CONCLUSÕES

O artigo mostra uma avaliação da qualidade acústica em uma igreja católica, relacionando o desempenho acústico e a eletroacústica, e por fim propõe um projeto de adequação acústica para o recinto.

Na avaliação do espaço, notou-se que os condicionantes acústicos encontrados no projeto atual não atendiam aos requisitos mínimos necessários para a realização das atividades pertinentes ao ambiente, como a música e a fala, sendo perceptível a má qualidade acústica na avaliação técnica e na avaliação dos usuários. Com isso, viu-se a necessidade de uma intervenção no recinto a fim de colaborar com o bom desempenho acústico da edificação.

Como proposta de adequação acústica na Concatedral, foi sugerida a utilização de materiais com coeficientes de absorção capazes de atender às exigências do ambiente, contribuindo para adequação dos níveis de condicionamento sonoro em seu interior, como também a modificação do sistema de sonorização artificial, diminuindo a quantidade de caixas de reforço sonoro direcionadas ao público e posicionando corretamente os outros equipamentos eletroacústicos existentes na igreja. Desta forma, assegurou-se um bom desempenho acústico na Concatedral sem interferir nas condicionantes históricas e litúrgicas.

A análise dos dados da presente pesquisa confirma que, independente do tipo e qualidade de um sistema de reforço sonoro, seu desempenho depende diretamente das propriedades acústicas do próprio ambiente. Desta forma, a instalação e utilização dos sistemas de reforço sonoro não dispensam um cuidadoso planejamento acústico do edifício.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – 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.
- CUNHA, I. B. da. **A influência dos sistemas de reforço sonoro na qualidade acústica de igrejas católicas**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
- 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: 21/02/2015.
- 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.
- OLIVEIRA, J. R. de. **Qualidade acústica em igrejas: relação entre o tratamento acústico e a eletroacústica**. Trabalho Final de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.
- SEPLAM – Secretaria Planejamento Municipal de Arapiraca. **Arquivos do mapeamento territorial**. 2011
- SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e condicionamento de Ar**. 6ª ed. Belo Horizonte: EDTAL – Empresa Termo Acústica LTDA, 2011.
- SOUZA, L. C. L. de. ALMEIDA, M. G. de.; BRAGANÇA, L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica**: ouvindo a arquitetura. São Carlos: Edufscar, 2009.