

DESEMPENHO ACÚSTICO DE IGREJAS: ESTUDO DE CASO EM MARINGÁ, PR.

Maria Carolina De Ré Motta (PIC/UEM), Natalia Carolina Fransozio (PIC/UEM), Aline Lisot (Orientadora), e-mail: ra92763@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia/Maringá, PR.

Área engenharia civil e subárea construção civil

Palavras-chave: Inteligibilidade, Tempo de Reverberação, Absorção Sonora.

Resumo:

Este trabalho busca abordar a acústica de igrejas por meio de pesquisas explicativas e do estudo de caso da recente construção de uma capela em estilo gótico francês, realizada em Maringá, PR. O objetivo do projeto é estudar o desempenho dos espaços sonoros internos do referido templo religioso, com base na normatização brasileira vigente, através da caracterização física e de materiais no interior deste. Considerando que a capela estivesse ocupada em 100% da sua capacidade e realizando os devidos cálculos, o desempenho acústico da igreja foi analisado e classificado em termos de parâmetros como Tempo de Reverberação (TR), Tempo de Decaimento Inicial (EDT), Clareza (C80) e Definição (D50). Com isso, procura-se analisar os problemas enfrentados pela igreja em relação à qualidade acústica na nave e propor projeto de correção. Os equipamentos de medição utilizados foram o microfone omnidirecional e o Software Dirac, entre outros. A arquitetura e o local da implantação da construção na cidade são determinantes para a qualidade acústica de seu interior, característica de suma importância devido a sua finalidade de realização de cultos religiosos.

Introdução

A acústica faz parte da Física, e está associada à percepção auditiva no homem. O conforto acústico está atrelado à qualidade sonora de um ambiente, que por sua vez é caracterizada por uma série de aspectos acústicos subjetivos que proporcionam uma adequada inteligibilidade da fala. Devido ao seu impacto e sua influência na saúde humana, dá-se a necessidade do estudo do conforto acústico.

Com o grande desenvolvimento da construção civil e das tecnologias, promoveram-se também mudanças nas celebrações religiosas, tanto no que se refere na prática oratória e nas músicas, como no uso e construções destes ambientes. De acordo com Knochenhauer (2016), “Nas edificações religiosas, a música “ecoa” nos louvores e o ensino é proclamado pela

palavra falada. O louvor não pode ser “seco”, pois estar envolvido na música traz à lembrança da fé. A palavra, porém, deve ser direta e precisa aos ouvidos para que o evangelho seja recebido com a razão”.

Diante disso, serão avaliadas as condições acústicas internas de uma igreja situada em Maringá/PR.

Materiais e métodos

A realização das medições foi baseada na ABNT NBR ISO 3382 -1 (2017) e o método foi o do ruído interrompido e o método de engenharia. Empregaram-se as bandas de oitava e foi necessário adaptar o espectro sonoro global para produzir um espectro rosa (88Hz a 5657 Hz) de som reverberante estacionário no ambiente. Foram calculadas as médias do Tempo de Decaimento Inicial (EDT), da Definição (D50) e do fator de clareza (C80). Posteriormente, calculou-se o tempo de reverberação (T_{60}). Os resultados obtidos foram apresentados em tabelas.

Os equipamentos utilizados foram: a fonte sonora omnidirecional (marca 01dB), fornece nível de pressão sonora para gerar as curvas de decaimentos; microfone omnidirecional de 1/2” (marca Behringer) que capta a pressão sonora; amplificador de sinal S-phantom (marca Samson) para aumentar o sinal sonoro captado; Software Dirac para processamento do sinal sonoro; sonômetro (marca 01dB) para medir a pressão sonora; medidor de temperatura e umidade (modelo DT-321; marca CEM). Foram utilizados 2 pontos para a fonte sonora no palco e os 11 pontos de medições foram dispostos por todo o ambiente, de acordo com a Figura 1. A altura da fonte sonora foi 1,5 metros e do microfone 1,2 metros.

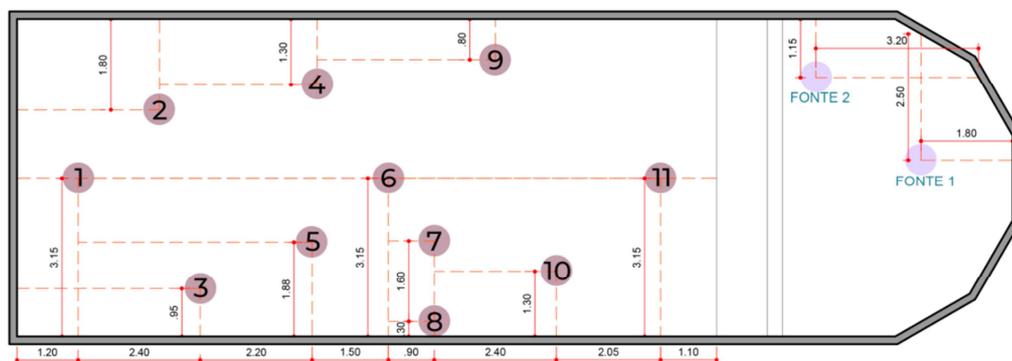


Figura 1 – Pontos e medições *in loco*.

Resultados e Discussão

A partir dos resultados das medições, foi obtida uma média, utilizada posteriormente para o cálculo do tempo ótimo de reverberação da capela para cada frequência estudada. Segundo Bistafa (2011), para se calcular o tempo de reverberação, é necessário conhecer a absorção sonora, que depende de vários fatores, entre eles a função do local, a geometria do ambiente e os objetos presentes no ambiente (bem como seus materiais). A influência de cada elemento pode ser observada na Tabela 1. A seguir, foram obtidas as áreas de contribuição para absorção e reflexão do som nas

frequências estudadas, utilizando também o tempo ótimo de reverberação segundo Bistafa (2011).

Tabela 1 -Cálculo do tempo de reverberação

Elementos	Area Si(m²) ou Unidades	Frequências (Hz)											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si
Piso	119,4	0,01	1,19	0,01	1,19	0,01	1,19	0,01	1,19	0,02	2,39	0,02	2,39
Rodameio	98,52	0,01	0,99	0,01	0,99	0,01	0,99	0,01	0,99	0,02	1,97	0,02	1,97
Paredes	295,56	0,03	8,87	0,03	8,87	0,04	11,82	0,04	11,82	0,04	11,82	0,04	11,82
Teto	220	0,10	22,00	0,08	17,60	0,05	11,00	0,03	6,60	0,03	6,60	0,03	6,60
Portas (3)	10,5	0,10	1,05	0,10	1,05	0,05	0,53	0,04	0,42	0,04	0,42	0,04	0,42
Janelas (12)	55,32	0,18	9,96	0,06	3,32	0,04	2,21	0,03	1,66	0,02	1,11	0,02	1,11
Publico sentado	66	0,19	12,54	0,40	26,40	0,47	31,02	0,47	31,02	0,51	33,66	0,47	31,02
Musico	4	0,38	1,52	0,79	3,16	1,07	4,28	1,30	5,20	1,21	4,84	1,12	4,48
		amédio		amédio		amédio		amédio		amédio		amédio	
TOTAL		0,13	58,11	0,19	62,58	0,22	63,04	0,24	58,90	0,24	62,81	0,22	59,81
T60 ou Treverb			2,45		2,28		2,26		2,42		2,27		2,39
TR médio (medido <i>in loco</i>)			2,17		2,16		2,42		2,72		2,72		2,28
TEMPO OTIMO DE REV.			1,211		0,952		0,807		0,807		0,807		0,807
Tor - Tr < 0,1s			1,24		1,33		1,46		1,61		1,46		1,58

Para um resultado satisfatório, a diferença entre tempo de reverberação ótimo e tempo de reverberação obtido deve ser de 0,1 segundos, o que não ocorreu, uma vez que o menor valor obtido foi de 1,24s, e os demais valores variaram em até 1,61s. Ainda, comparando o Tr obtido na medição *in loco* com o valor obtido algebricamente, percebe-se que não são tão destoantes, possuindo uma diferença de no máximo 0,45s em 2000Hz. Além do valor de tempo de reverberação, foram analisados o EDT (tempo de decaimento inicial), a clareza (C80) e D50. Ao analisar os valores em comparação com a ABNT NBR ISO 3382 (2017), percebeu-se que estavam fora do ideal, indicando que o espaço é muito reverberante, não possuindo uma inteligibilidade adequada para a definição do som.

Tabela 2 -Cálculo do tempo de reverberação após a intervenção.

Elementos	Area Si(m²) ou Unidades	Frequências (Hz)											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si	ai	ai x Si
Piso	119,4	0,01	1,19	0,01	1,19	0,01	1,19	0,01	1,19	0,02	2,39	0,02	2,39
Rodameio	98,52	0,01	0,99	0,01	0,99	0,01	0,99	0,01	0,99	0,02	1,97	0,02	1,97
Paredes fundo	25,8	0,19	4,90	0,10	2,58	0,08	2,06	0,09	2,32	0,16	4,13	0,21	5,42
Paredes laterais	211,2	0,23	48,58	0,53	111,94	1,07	225,98	0,93	196,42	0,57	120,38	0,51	107,71
Paredes	295,56	0,03	8,87	0,03	8,87	0,04	11,82	0,04	11,82	0,04	11,82	0,04	11,82
Teto	220	0,10	22,00	0,08	17,60	0,05	11,00	0,03	6,60	0,03	6,60	0,03	6,60
Portas (3)	10,5	0,10	1,05	0,10	1,05	0,05	0,53	0,04	0,42	0,04	0,42	0,04	0,42
Janelas (12)	55,32	0,18	9,96	0,06	3,32	0,04	2,21	0,03	1,66	0,02	1,11	0,02	1,11
Publico sentado	66	0,19	12,54	0,40	26,40	0,47	31,02	0,47	31,02	0,51	33,66	0,47	31,02
Musico	4	0,38	1,52	0,79	3,16	1,07	4,28	1,30	5,20	1,21	4,84	1,12	4,48
		amédio		amédio		amédio		amédio		amédio		amédio	
TOTAL		0,14	111,59	0,21	177,09	0,29	291,09	0,30	257,64	0,26	187,32	0,25	172,94
T60 ou Treverb			1,28		0,81		0,49		0,55		0,76		0,82
TR médio (medido <i>in loco</i>)			2,17		2,16		2,42		2,72		2,72		2,28
TEMPO OTIMO DE REV.			1,211		0,952		0,807		0,807		0,807		0,807
Tor - Tr < 0,1s			0,07		- 0,15		- 0,32		- 0,25		- 0,05		0,02

Visto que o tempo de reverberação para as frequências analisadas não está adequado para o ambiente, propõe-se, como solução, um tratamento acústico harmonioso com a capela. Para as paredes laterais, foram utilizados painéis de MDF perfurados do catálogo da AmbiBrasil. Por fim, foi calculado o tempo de reverberação que seria obtido com as mudanças, comparando-o novamente com Tor, apresentando um tempo de reverberação ideal para o alvo de estudo, como pode ser observado na Tabela 2.

Conclusões

Através do presente estudo, foi possível analisar a influência da geometria, dos objetos e do material em aspectos de qualidade acústica, como o tempo de reverberação, clareza, definição e tempo de decaimento, presentes na capela do mosteiro em Maringá. Com a análise, pode-se observar que as condições do ambiente para exercer sua função não são adequadas, portanto foi proposto um projeto para solucionar o problema, adicionando um material absorvedor acústico nas paredes laterais e do fundo da sala. Com o tratamento acústico, as diferenças para as faixas de frequência entre o tempo de reverberação ótimo e o obtido diminuíram significativamente, possuindo valores em módulos menores que 0,1 s. Por meio deste tratamento, é possível melhorar a inteligibilidade do ambiente, tornando-o mais funcional e agradável para seus frequentadores.

Agradecimentos

Agradecemos a nossa orientadora Aline Lisot por nos dar essa oportunidade, e também por toda confiança, paciência e dedicação para o apoio e ensinamentos durante a pesquisa. Ao Grupo Católico de evangelização por ceder o espaço. A UEM por nos dar essa oportunidade e suporte necessário.

Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). ABNT NBR ISO 3382-1: Acústica - **Medição de parâmetros de acústica de salas: Parte 1: Salas de espetáculos**. Rio de Janeiro, 2017.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

KNOCHENHAUER DE SOUZA, I. **Performance acústica de uma igreja protestante de médias dimensões**. Florianópolis, SC, 2016.

AMBI BRASIL. **Acústica XXI**. Disponível em:
<<http://ambibrasil.com.br/linhas/acustica-xxi/>> Acesso em: jan. 2020.