



QUALIDADE ACÚSTICA EM UM TEATRO – ESTUDO DE CASO

**BISPO, Ana Cíntia Martins (1); OITICICA, Maria Lúcia Gondim da Rosa (2);
TELES, Valéria Rodrigues (3).**

(1) Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo / UFAL – E-mail: aninhabispo@zipmail.com.br

(2) UFAL – Universidade Federal de Alagoas / CTEC – Centro de Tecnologia / Departamento de Arquitetura e Urbanismo; Campus A. C. Simões, BR-104 – Norte, Km 97, Tabuleiro do Martins – Maceió-AL, CEP: 57072-970. Telefone: (82) 3201324 – E-mail: mloiticica@hotmail.com

(3) Arquiteta – E-mail: valeriarteles@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho analisa as condições acústicas de um teatro com climatização artificial em uma escola particular, buscando investigar a inteligibilidade da fala nas seguintes condições: com e sem a utilização de equipamentos eletroacústicos. Com a preocupação de verificar o nível de compreensão dos usuários, foi calculado o tempo de reverberação ótimo do teatro, feitos testes de inteligibilidade com alunos na faixa etária entre 14 e 16 anos e ocupação de 80%. Foram realizadas medições do ruído de fundo com o teatro ocupado e desocupado. No momento dos testes de inteligibilidade foram ao mesmo tempo realizadas avaliações da relação sinal/ruído, com a preocupação de manter o sinal em torno de 65dB(A), que é o limite da voz sem a necessidade de gritar. Diante destas variantes, comprovou-se a necessidade de uma maior preocupação da qualidade acústica em teatro, a fim de otimizar a interação entre as pessoas, algo essencial no processo de comunicação.

ABSTRACT

This work analyses the acoustics conditions of a theater in a private school, with air conditioning, in search of investigating the intelligibility of the sound in various conditions, such as: with or without the use of electric-acoustics equipments. Trying to verify the compression level of their users, it was calculated the excellent reverberation time in the theater, it was also made intelligibility test, using pupils in the age of 14 to 16, with occupation of 80%. It was also made noise tests. During the intelligibility tests, it was made, at the same time, estimation of the signal/noise relation for keeping the signal around 65dB (A), witch is the voice limit without the need of shouting. After find the values, it was proved the need of acoustic quality inside the theater, in search of optimize the people interaction, witch is essential in the communicate process.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de teatros no Brasil favorece o surgimento de espaços de múltiplo uso, teoricamente capaz de acolher desde espetáculos dramáticos, palestras até orquestras; o que ocorre no teatro do Colégio Marista de Maceió. Na prática, a situação não é bem aceita, pois as características físicas do espaço próprio para fala não são as mesmas necessárias à música.

Dentre as diversas exigências que um projeto arquitetônico deve satisfazer, sem dúvida, o conforto acústico é um aspecto importante que deve ser considerado. Essa tarefa, entretanto, está se tornando cada vez mais difícil, especialmente devido à tendência arquitetônica de se ter estruturas cada vez mais leves, materiais acústicos empregados de formas inadequadas e os fechamentos (portas e janelas) se constituírem, de uma maneira em geral, nas vias de menor resistência dentro de um isolamento acústico de um ambiente.

É freqüente muitas edificações serem projetadas e implantadas sem que haja preocupação com a acústica do local, fazendo com que se tenha um baixo rendimento e aproveitamento das atividades realizadas no mesmo, além de prejuízos na saúde provocados por ruídos (sons indesejáveis). Tais problemas poderiam ser minimizados se, nas especificações dos projetos dos teatros, houvesse uma preocupação com o conforto acústico (isolamento, controle dos sons, etc).

Por outro lado, sabe-se que a intervenção acústica depois da realização da construção não permite soluções tão eficazes como as previstas em um projeto, além de onerar consideravelmente o orçamento com os reparos possíveis sob o ponto de vista acústico.

No tratamento acústico de recintos, deve-se levar em conta, ainda, as limitações do isolamento e controle sonoro diante das exigências de conforto térmico dos espaços, que na maioria das vezes são dois aspectos conflitantes no projeto.

De qualquer forma, a minimização de problemas acústicos em uma edificação é de valor inestimável para a obtenção de conforto humano e, sem dúvida, um aspecto importante a ser considerado.

Todos sabem que a acústica é importante em auditórios, teatros, salões de concertos, estúdios de rádio e televisão, igrejas, residências ou em qualquer tipo de construção; mas, quantas vezes nos certificamos da falta de preocupação com o conforto acústico no projeto arquitetônico.

O estudo das condições acústicas do teatro do Colégio Marista de Maceió esta fundamentado nos princípios básicos que determinam os fenômenos acústicos e as formas como eles interferem no homem, tanto as formas de emissão do som, a propagação nos meios materiais e o comportamento na frente de barreiras, como os critérios de interferência com as comunicações sonoras, sempre subjetivas e de difícil generalização.

Cada elemento da construção tem alguma influência sobre as características acústicas do edifício e, a menos de que todos os fatores envolvidos sejam claramente compreendidos e incorporados durante o projeto, raramente alcançamos resultados satisfatórios.

Diante disso, o presente trabalho analisou o teatro do Colégio Marista de Maceió sob o ponto de vista acústico, a partir de medições dos níveis de ruído, estudo geométrico-acústico e cálculo do tempo de reverberação dos espaços estudados.

Nesse contexto, o teatro do Colégio Marista de Maceió, é um exemplo da falta de preocupação acústica na realização do projeto arquitetônico, pois não existe controle do nível de ruído interno e reverberação, fazendo com que o não uso de aparelho eletroacústico cause ineficiências na inteligibilidade da fala.

2. ESTUDO DE CASO

Foi escolhido avaliar as condições acústicas de um teatro na cidade de Maceió, localizado em uma escola particular, pois é ambiente que necessita de intervenções bastante criteriosas pelo fato do mesmo ser um espaço de múltiplo uso, ou seja, utilizado como teatro e auditório. A utilização de dois sistemas eletroacústicos, quando auditório usa-se microfones, quando teatro usa-se apenas a fala, faz-se com que o mesmo apresente problemas quanto à inteligibilidade entre os usuários, sendo a baixa reverberação detectada como o maior causador do problema.

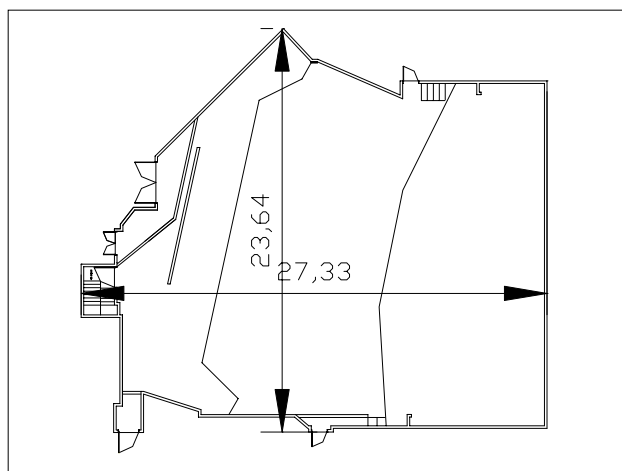


Figura 1 – Planta baixa do teatro do Colégio Marista de Maceió-AL.

O teatro apresenta-se de forma irregular, com um volume de 2.399,28 m³ (Figura 1). Quanto às características do ambiente analisado, este possui materiais que são comumente encontrados em teatros em Maceió, como paredes em alvenaria de tijolo comum revestidas de carpete simples, teto em laje revestido também em carpete simples, portas em madeira, piso do palco em madeira com espaço livre por baixo, piso da platéia e mezanino em carpete simples, forrado e cadeiras estofadas, com previsão para 472 pessoas sentadas.

Verificou-se a falta de uma preocupação com a qualidade acústica do ambiente. Os materiais são bastante absorventes causando problemas na inteligibilidade da palavra falada quanto à utilização ou não de um equipamento eletroacústico, sendo os maiores índices de reclamações pelos usuários durante peças teatrais, principalmente, devido a não utilização de equipamentos eletroacústicos.

3. METODOLOGIA

Foi escolhido avaliar as condições acústicas de um teatro na cidade de Maceió, localizado em uma escola particular, com climatização artificial. O estudo do desempenho da qualidade acústica do teatro deu-se em função de investigar o grau de inteligibilidade da palavra falada. Durante a realização do trabalho, foram seguidas, as seguintes etapas metodológicas:

a) 1º Etapa: Levantamentos bibliográficos e entrevistas

Com a finalidade de obter maior embasamento teórico, foi feita uma abrangente pesquisa bibliográfica onde fortalecemos nosso conhecimento sobre acústica, em especial, acústica em teatros;

Escolha do local a ser estudado, sendo o ponto de partida a escassez de teatros, onde o mesmo além da apresentação de peças teatrais é utilizado como auditório, evidenciado que nem sempre as características físicas do espaço são as mesmas;

Entrevistas informais com os usuários sobre os problemas acústicos existentes.

b) 2º Etapa: Levantamentos de dados

Estudo geométrico acústico do ambiente;

Estudo, no ambiente, de materiais absorventes e/ou refletores de modo que se obtivesse um tempo de reverberação ótimo de acordo com as atividades exercidas no local;

Cálculo do tempo de reverberação do teatro estudado.

c) 3º Etapa: Medições

Medição “in loco” interna, com o auxílio de decibelímetro digital, modelo INSTRUTHERM DEC – 405, do nível de pressão sonora para se obter a relação Sinal/Ruído do teatro em todas as situações em estudo, ou seja, com e sem a utilização dos equipamentos eletroacústicos e com o teatro estando desocupado e ocupado, respectivamente;

Aplicação de um teste de inteligibilidade entre os usuários, onde uma pessoa se posicionava na frente do teatro e 19(dezenove) letras do alfabeto foram, de formas aleatórias, lidas para cada situação, com e sem o uso de equipamentos eletroacústicos.

d) 4º Etapa: Análise e diagnóstico dos resultados

Tabela 1 – Cálculo do Tempo de Reverberação

Teatro 100% ocupado			Teatro 50% ocupado			Tempo ótimo de reverberação		
125Hz	500Hz	1000Hz	125Hz	500Hz	1000Hz	125Hz	500Hz	1000Hz
0,64s	0,46s	0,20s	0,75s	0,52s	0,32s	1,4s	1,0s	1,0s

Reverberação do teatro: O cálculo do tempo de reverberação é o dado mais preciso sobre a qualidade do som em um recinto, sendo este responsável pela boa comunicação entre palestrantes e ouvintes num mesmo ambiente. A arquitetura é responsável por este item, pois uma preocupação durante a elaboração do projeto com as especificações dos materiais é de fundamental importância para atingir um tempo de reverberação ótimo.

O tempo de reverberação consiste no que um som produzido em um ambiente fechado persiste, sempre, aos nossos ouvidos devido às múltiplas reflexões produzidas nas suas paredes e superfícies internas. Varia em função das superfícies, pois quanto mais polidas e rijas elas são, maior é o seu tempo de reverberação; e em função dos materiais absorventes, pois quanto maior a absorção, menor é o tempo de reverberação.

O tempo de reverberação foi calculado a partir da fórmula de Sabine, pois o coeficiente médio de absorção é menor ou igual a 0,50. Tem-se, portanto:

$$T = \frac{0,16 \times V}{A} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Fórmula de Sabine:

Onde:

T = tempo de reverberação, em segundos;

V = volume do recinto em m³

A = absorção total do recinto (Sm).

Apesar da incontestável relevância do tempo adequado de reverberação na qualidade do som nos ambientes, o ideal seria atingir a meta dos 1,4 segundos na frequência de 125Hertz, 1,0 segundo na frequência de 500Hertz e 1,0 segundo na frequência de 1000Hertz. O que foi seguido nesta investigação, foi o indicado pela publicação mais recente encontrada do Comitê Técnico em Acústica

Arquitetônica da Sociedade Americana de Acústica. Logo, percebe-se que neste estudo de caso, o som permanece menos tempo do que o necessário no ambiente devido a grande quantidade de materiais absorventes. Isso traz como consequência à má qualidade do som, prejudicando, conseqüentemente, a qualidade da atividade executada.

- **Relação Sinal/Ruído:** para se estimar quão compreensível é a fala em teatros, utilizou-se a relação Sinal/Ruído (SR), que nada mais é do que o nível sonoro da voz do palestrante em dB(A), subtraído do nível sonoro de fundo do teatro em dB(A). Para se obter uma maior inteligibilidade da fala é importante que a diferença desta relação seja maior que 10 dB(A). No momento em que o teatro encontrava-se desocupado e durante a realização dos testes de inteligibilidade, foram realizadas medições desta relação Sinal/Ruído com decibelímetro modelo INSTRUTERM DEC-405. Foram obtidas as seguintes leituras:

Tabela 2: Medições do nível sonoro no teatro

Itens	Situação das medições em teatro	Ruído dB (A)	Sinal dB (A)	S/R dB (A)
1	Não utilização de equipamento eletroacústico	66	74	+8
2	Utilização de equipamento eletroacústico	68	83	+15

Através das leituras da tabela acima, pode-se observar que:

- Item 1: relação S/R <10 dB (A) - relação inadequada para se obter uma boa compreensão da fala;
- Todos os níveis sonoros da relação Ruído estão acima do nível exigido pela Norma Brasileira (NBR 10152) para teatros que é entre 30 dB (A) e 40 dB (A);
- Todos os níveis sonoros da relação Sinal estão acima do nível normal da voz humana que é em torno de 65 dB (A). Isso acontece devido à exigência de um maior esforço da voz do palestrante;
- Como a relação S/R ficou abaixo de 10 dB (A) no item 1, convém observar a inteligibilidade da fala dos ouvintes na região do fundo do teatro com a não utilização de equipamento eletroacústico;
- Foi percebida a necessidade de aumentar o nível sonoro do Sinal ou diminuir o nível sonoro do Ruído do item 1. Dessa forma será possível deixar a relação S/R > 10 dB (A), melhorando, assim, a compreensão da fala;
- No item 2, observou-se o aumento do nível sonoro do Ruído com a utilização de equipamento eletroacústico. Involuntariamente, isso resultou no aumento do nível sonoro do Sinal para se conseguir uma melhor compreensão da fala e exigindo um maior esforço da voz do palestrante.
- **Teste Inteligibilidade do Teatro:** o nível de compreensão de um ambiente é avaliado através de um teste de inteligibilidade, que foi realizado no ambiente em estudo por intermédio do uso de uma lista de letras mencionadas por um orador posicionado no local do palestrante onde cada ouvinte em seus locais específicos pudesse anotar a seqüência das letras por eles compreendidas. A percentagem das letras corretamente ouvidas é chamada de medida da inteligibilidade da fala. Para cada situação, com e sem o uso do equipamento eletroacústico, em estudo foi utilizada seqüência de letras aleatória diferentes de tal forma que os ouvintes não pudessem memorizar a ordem das palavras.

Segundo publicação do Comitê Técnico em Acústica Arquitetônica da Sociedade Americana de Acústica, se a inteligibilidade da fala de um teatro é menor que 90%, devem ser implantados tratamentos acústicos para adequação do tempo de reverberação ótimo e/ou melhorar a relação Sinal/Ruído.

Segue abaixo planta do teatro (Figura 2) com localização das posições observadas e resumo dos dados obtidos no teste de inteligibilidade. Foram escolhidos pontos estratégicos em relação a cada situação em estudo.

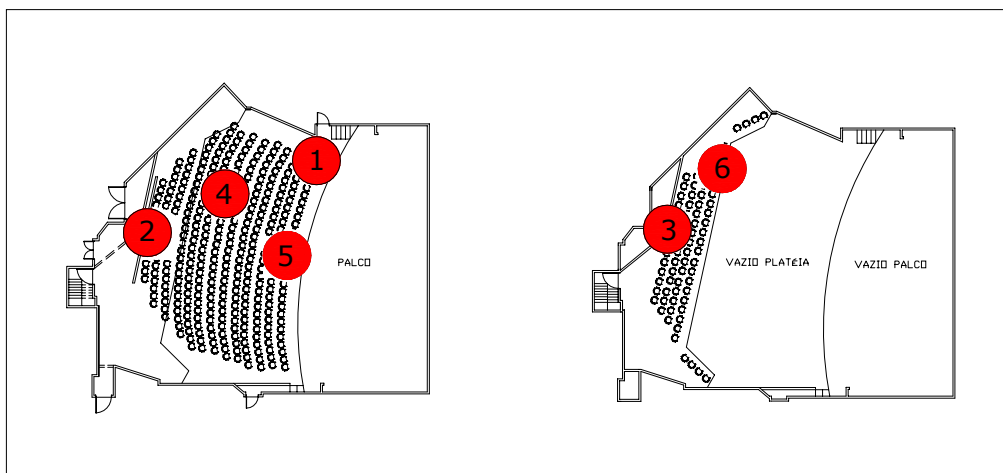


Figura 2 – Teste de Inteligibilidade – localização dos ouvintes no teatro

Tabela 3: Resultados – testes de inteligibilidade

Localização do ouvinte	Posição ouvinte teatro	COM equipamentos eletroacústicos	SEM equipamentos eletroacústicos
1	Frente	76	73
2	Última fila	86	65
3	Última fila/mezanino	90	66
4	Meio do auditório	84	71
5	Frente/meio	78	77
6	Frente/mezanino	84	63
Teste de inteligibilidade	Frente/meio/mezanino	d f g p r s t q c b a o n v z i h j l	L j h i z v n o a b c q t s r p g f d
Média	-	83%	69,28%

FONTE: Technical Committee on Architectural Acoustics

Através dos resultados obtidos, pôde-se observar:

a) Situação com a utilização de equipamento eletroacústico

- Maiores índices de inteligibilidade em todas posições;
- Maior inteligibilidade com 83%;
- Melhores resultados nos locais mais distantes (2, 3 e 6).

b) Situação sem a utilização de equipamento eletroacústico

- Índices do teste de inteligibilidade menos satisfatórios (69,28%);
- Lugares mais à frente resultaram nos melhores testes de inteligibilidade (1, 4 e 5);
- Posição do mezanino e fundo do teatro foram os locais mais prejudicados.

4. CONCLUSÃO

A partir dos valores obtidos através das medições, obteve-se a comprovação da ineficiência da qualidade acústica do teatro em estudo. A necessidade de ser investigada e integrar as relações entre: reverberação, relação Sinal/Ruído e inteligibilidade são de suma importância tornando clara que as interferências dos possíveis sistemas de climatização e má especificação de materiais construtivos no recinto alteram estes valores consideravelmente. É preocupante o descaso dos profissionais em tentar equacionar estes problemas no contexto acústico, pois como foram observados, dois pontos negativos instalados a partir destes aspectos: problemas nas cordas vocais devido à necessidade de aumentar a relação Sinal/Ruído e diminuição do rendimento por consequência da baixa inteligibilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Níveis de Ruído para Conforto Acústico. NBR 10152: 1987 e errata de junho de 1992.
- BERTOLI, Stelamaris Rolla, et al. *Avaliação do Desempenho Acústico em Creches de Conjunto Habitacional de interesse Social: o caso de Projetos Padrão*. Anais V ENCAC, Fortaleza, 1999.
- BERTOLI, Stelamaris Rolla. *Avaliação do Conforto Acústico de Prédio Escolar da Rede Pública: o Caso de Campinas*. Anais VI ENCAC, São Pedro, 2001.
- EGAN, M.D. *Architectural Acoustics*. New York, Mc-Graw-Hill Inc., 1978.
- MOURA, Mariana Bezerra. Condições Acústicas das Salas da Escola Tavares Bastos. Trabalho Final de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2004.
- OITICICA, Maria Lúcia; DUARTE, Elisabeth; SILVA, Luiz Bueno da. *Análise da Inteligibilidade da Fala de uma Sala de Aula em Situações Diversas de Climatização dentro do Contexto Acústico*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Curitiba. Anais... Curitiba: ENCAC, 2003, p. 479-486.
- OITICICA, Maria Lúcia et al. *Impacto Sonoro Noturno Provocado pelos Estabelecimentos Comerciais na Orla da Praia de Jatiúca-Maceió-AL*; Anais II Encontro Latino de Conforto no Ambiente Construído; ANTAC; Fortaleza.
- SANTOS, Maria Júlia; SLAMA, Jules. *Ruído no Ambiente Escolar: Causas e Conseqüências*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ENCAC, 1993, p. 301-306.
- SENA, Flávia A. D. *Condições Acústicas de Salas do CTEC-UFAL*. Trabalho de Conclusão de Curso: Centro de Tecnologia, UFAL. Maceió, 1999.
- SILVA, Prof. Péricles. *Acústica Arquitetônica e Condicionamento do Ar*. Belo Horizonte, Edições Engenharia Arquitetura, 1971.
- TAVARES, Mariza D.; CLÍMACO, Rosana S. C. *Análise do Conforto Sonoro em Escolas do Distrito Federal*. Anais V ENCAC, Fortaleza, 1999.
- TECHINICAL COMMITTEE ON ARCHITECTURAL ACOUSTICS. *Classroom Acoustics*. <http://asa.aip.org/classroom/booklet.html> Acesso em: 25 de novembro de 2003.

VONO-COUBE, Carmen Zaramella; BEVILACQUA, Maria Cecília; FERNANDES, João Cândido.
Ruídos em escola. Cadernos de Audiologia; HRAC-USP; 1999.