



QUALIDADE ACÚSTICA DO TEATRO MUNICIPAL DE SERTÃOZINHO – ESTUDO DE CASO

Letícia de Oliveira Mugnatto (1); Ruth Cristina Montanheiro Paolino (2)

(1) Arquiteta e Urbanista, Centro Universitário Moura Lacerda, leticia.arq@hotmail.com

(2) Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário Moura Lacerda, ruthmontanheiro@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho consiste em um estudo sobre a acústica da sala de espetáculos do Teatro Municipal de Sertãozinho, como parte do levantamento de dados do trabalho final de graduação que teve como objetivo a reforma, revitalização e ampliação do equipamento. Este artigo apresenta uma análise do condicionamento acústico do Teatro Municipal de Sertãozinho a fim de detectar possíveis inadequações para apresentações de diferentes tipos de eventos. Quanto aos procedimentos metodológicos, foram realizados levantamentos bibliográficos para embasamento teórico sobre acústica arquitetônica, levantamentos de dados e análises sobre o teatro da cidade, medições do nível de intensidade sonora no local, e cálculos do tempo de reverberação acústica. Foram explorados os levantamentos já existentes, levantamentos in loco e iconográfico. Após as análises, medições e cálculos, foi constatado que existe necessidade de adequação do tempo de reverberação da sala através da atualização dos materiais e correções na geometria, a fim de que possa abrigar diferentes tipos de eventos com qualidade acústica.

Palavras-chave: Acústica arquitetônica, Teatro, Condicionamento acústico.

ABSTRACT

This work is a study of the acoustics of the concert hall of the Teatro Municipal Sertãozinho, as part of the data collection of the final work of graduation aimed to reform, revitalization and expansion of the equipment. This article presents an analysis of the acoustic conditioning of Sertãozinho's Municipal Theatre order to detect possible mismatches for presentations of different types of events. Regarding the methodological procedures were performed bibliographic theoretical foundation for architectural acoustics, data gathering and analysis on the town theater, measurements of sound intensity level at the site, and time calculations acoustic reverberation. Were explored the existing surveys, on-site surveys and iconographic. After analysis, measurements and calculations, it was found that there is need to adjust the reverberation time of the room by updating materials and corrections in geometry, so that it can accommodate different types of events with acoustic quality.

Keywords: Architectural acoustics, Theater, Acoustic conditioning.

1. INTRODUÇÃO

Sertãozinho é uma cidade do interior do estado de São Paulo com caráter econômico agroindustrial. Do ponto de vista cultural, as atividades teatrais têm destacada importância para a população local, sendo, portanto, necessário a existência de locais com qualidade espacial e acústica.

Em todo o Brasil é frequente a falta de qualidade acústica em edificações como auditórios, teatros, casas de show, igrejas, entre outros que sofrem com a falta de preocupação com o conforto acústico no

projeto arquitetônico. Projetistas e construtores muitas vezes esquecem que o som é um dos fatores qualificadores do espaço.

O Teatro Municipal de Sertãozinho faz parte dos muitos teatros de cidades brasileiras de pequeno e médio porte, projetados sem a devida contratação do profissional especializado em acústica, resultando, na maioria dos casos, em salas com graves defeitos acústicos como excesso de absorção, concentração de sons graves em cantos da sala, entre outros.

De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006) uma sala com boa difusão do som é alcançada pela aplicação balanceada dos materiais e da forma irregular e difusora das superfícies que a compõem.

A facilidade em empregar os equipamentos de áudio que proporcionam reforço sonoro em qualquer tipo de espaço, levou a uma perda da importância da acústica arquitetônica enquanto ciência, desconsiderando o estudo correto dos materiais de acabamento e da geometria da sala. Em muitos casos, há o emprego de materiais cujas propriedades acústicas não são devidamente avaliadas antes de sua especificação no projeto, resultando em defeitos acústicos e conseqüentemente em baixo rendimento e aproveitamento das atividades no local, além de provocar efeitos nocivos ao ser humano pelos ruídos indesejáveis.

Este artigo apresenta uma parte do trabalho final de graduação intitulado “Intervenção no Teatro Municipal de Sertãozinho: Teatro de Múltiplo Uso” (MUGNATTO, 2011) que propôs uma reforma e ampliação do edifício do Teatro a fim de adequá-lo espacialmente e acusticamente para atender à demanda de eventos da cidade. Para tanto, foi necessário um levantamento das condições atuais do teatro, especialmente da condição acústica da sala.

O estudo da acústica da sala de espetáculos do Teatro Municipal de Sertãozinho está baseado nos princípios básicos que determinam os fenômenos acústicos e suas relações com o homem, sendo considerada a fonte do som, sua propagação nos materiais existentes e seu comportamento na geometria do local seguindo as normas técnicas NBR 10152 (ABNT, 1987) que trata dos Níveis de ruído para conforto acústico e a NBR 12179 (ABNT, 1992) sobre tratamento acústico em recintos fechados.

2. OBJETIVO

Este artigo tem a finalidade de verificar se as condições acústicas do Teatro Municipal de Sertãozinho são adequadas à sua função, a partir da análise dos materiais empregados, de medições de nível de intensidade sonora em diferentes pontos da sala de espetáculo, do estudo da geometria da sala e do cálculo do tempo de reverberação. Pretendeu-se, com a análise dos resultados, detectar as necessidades de intervenções na sala para melhor qualificação do espaço, considerando as normas NBR 10152 (ABNT, 1987) e NBR 12179 (ABNT, 1992).

3. ESTUDO DE CASO

A cidade de Sertãozinho faz parte da região administrativa de Ribeirão Preto, no interior do estado de São Paulo. Tem uma população de aproximadamente 110.000 habitantes (conforme Censo 2010). O município é formado pela cidade de Sertãozinho e pelo distrito de Cruz das Posses.



Figura 1 – Localização de Sertãozinho.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo_Municip_Sertaozinho.svg>

É reconhecida pelo seu significativo parque industrial e pela grande produção de açúcar e álcool, sendo conhecida como a “capital mundial do setor sucroalcooleiro”.

Em relação aos esportes se destaca por ser considerada a “capital brasileira do hóquei sobre patins”

Do ponto de vista cultural, o teatro tem destacada importância para a cidade, recebe programação anual de espetáculos teatrais, música, dança, palestras e outros eventos.

Sua Mostra Nacional é um festival de teatro que atrai público de toda a região, ocorrendo em abril e regulamentada por lei municipal. Outro acontecimento teatral que vem crescendo é o Teatro A Gosto, realizado durante o mês de agosto, que surgiu como uma extensão da 21ª Mostra Nacional de Sertãozinho. Assim os grupos da região têm a oportunidade de mostrar seus trabalhos em um evento de porte nacional.

Além disso, desde 1981 funciona no teatro o Grupo de Iniciação de Teatro que reúne mais de duzentas crianças, jovens e adultos para aulas, exercícios e montagem de espetáculos.

Nesse artigo o objeto de estudo é o Teatro Municipal Profª Olympia Faria de Aguiar Adamu (Figura 02), em Sertãozinho, que foi inaugurado em 1981, desde então houve algumas reformas.



Figura 2 – Foto da fachada do teatro – objeto de estudo.
Fonte: Arquivo Pessoal

Seu volume arquitetônico deixa explícito a sua função, é uma arquitetura funcionalista, com linhas retas deixando claro, simplesmente ao olhá-lo externamente, onde é o “foyer”, a plateia e a caixa cênica. A sala de espetáculos possui volume total de 3503,09 m³ considerando plateia, com capacidade para 404 espectadores e palco com caixa cênica. Os materiais do teatro estão indicados na Tabela 2 que será apresentada posteriormente. Em primeira análise, o teatro parece ter baixo tempo de reverberação pela aparência absorvente dos materiais de acabamento. “Proliferam-se por conseguinte, os auditórios com grandes áreas revestidas com carpete, sem consistência técnica e com atenção excessiva aos aspectos plásticos” (CARVALHO, 2010, p. 19).

4. MÉTODO

Esse trabalho avalia as condições acústicas do Teatro Municipal de Sertãozinho em três etapas metodológicas:

1. Levantamentos Bibliográficos - estudo a fim de obter maior embasamento teórico para enriquecer o conhecimento em acústica;
2. Levantamento de dados – análise dos materiais absorventes e/ou refletores para se obter o tempo de reverberação real e compará-lo com o tempo de reverberação ótimo; estudo da geometria do ambiente interno; cálculo para verificação da necessidade de elementos refletores;
3. Medições – medições de níveis de intensidade sonora da sala, com o auxílio de decibelímetro digital, modelo HOMIS – 413, em diferentes pontos da plateia, durante a apresentação de uma peça teatral;
4. Análise e diagnóstico dos dados – análise dos resultados para avaliar as condições acústicas da sala.

4.2. Levantamento de Dados

4.2.1. Cálculo do Tempo de Reverberação

Segundo Carvalho (2010) reverberação consiste no prolongamento necessário de um som produzido para alcançar uniformemente todo o recinto em questão.

De acordo com Bispo, Oiticica e Teles (2005) o tempo ótimo de reverberação de um local é o dado mais preciso sobre a qualidade do som, sendo imprescindível o seu cálculo para se conseguir uma boa

acústica. A partir do volume e a finalidade a que o local se destina é possível estabelecer o tempo de reverberação ótimo a 512 Hz que pode ser extraído através do gráfico a seguir.

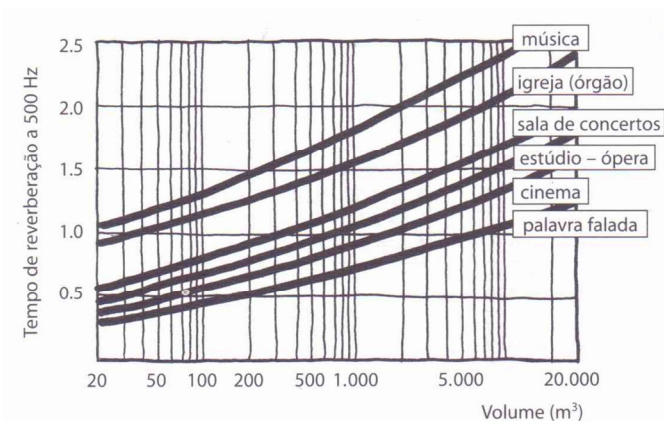


Figura 3 – Gráfico do tempo de reverberação para os diferentes usos.
 Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006, p. 134)

A partir do valor extraído do gráfico para a frequência de 512 Hz, é possível o cálculo do tempo ótimo para as outras frequências através do fator de correção do gráfico da Figura 4.

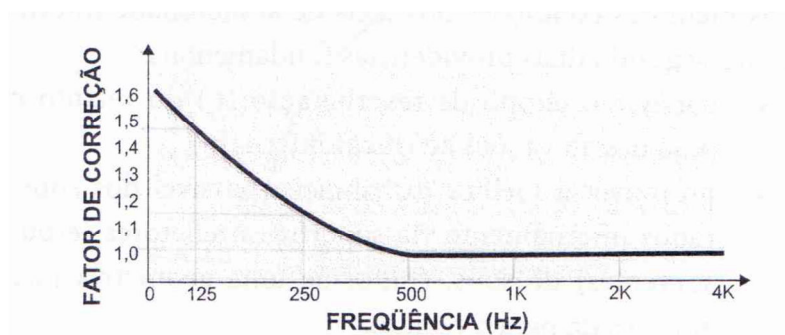


Figura 4 – Fator de correção para diferentes frequências.
 Fonte: (CARVALHO, 2010, p. 95)

A permanência do som no ambiente é devido às reflexões sucessivas dos sons pelas paredes. W.C. Sabine definiu um parâmetro que caracteriza a qualidade acústica de um ambiente em função da reverberação. O tempo convencional de reverberação de um ambiente é o tempo necessário para que a intensidade de um som de 512Hz se reduza a 60dB, a partir do momento que a fonte deixa de emití-lo (COSTA, 2003).

Será feito um levantamento sobre os materiais do teatro, já que cada material apresenta uma capacidade própria de absorção sonora e sua distribuição influencia diretamente no tempo de reverberação de um ambiente.

Após o levantamento, será feita uma planilha de cálculo do tempo de reverberação onde estarão listados todos os materiais utilizados no teatro, a área que ocupa e seu coeficiente de absorção na frequências 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1Khz e 2 Khz. A absorção de cada superfície é resultante da multiplicação da área da superfície do material pelo seu coeficiente de absorção sonora. A partir da soma dos valores obtidos em cada frequência é possível calcular o tempo de reverberação real do recinto.

O tempo de reverberação será calculado a partir da fórmula de Sabine:

$$T = 0,16 \times \frac{V}{A}$$

Equação 1

Onde:

T = Tempo de reverberação em segundos (s);

V = volume do recinto em m³;

A = absorção total do recinto em Sabine métricos (sm²).

De acordo com Carvalho (2010), o Tempo Real de Reverberação é considerado satisfatório quando não ultrapassar o limite de 10% o Tempo Ótimo de Absorção, para mais ou para menos, em todas as frequências analisadas.

4.2.2. Geometria

Segundo Souza, Almeida e Bragança (2006), ao projetar as formas das superfícies que compõem o ambiente determina-se a direção de propagação dos raios sonoros. As formas do ambiente devem evitar o desenvolvimento de erros acústicos.

A geometria do projeto de estudo será analisada através de análises in loco e estudo da planta e cortes do teatro projeto de estudo.

4.2.3. Espelhos Acústicos

Na sala de espetáculos do Teatro Municipal de Sertãozinho pode-se notar a ausência de espelhos acústicos.

De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006) espelhos acústicos são superfícies de reflexão sonora, utilizados para reforçar o nível de intensidade sonora em locais específicos no ambiente, principalmente nos assentos mais distantes da fonte sonora.

Para verificar a necessidade de espelhos acústicos será considerado o nível de intensidade sonora de 55dB para peças teatrais, e a intensidade sonora de 0,004 de voz masculina, segundo Prado (1962).

Foi aplicada a seguinte equação para o cálculo da intensidade sonora na última fileira:

$$L=109+10\log w-20\log d$$

Equação 2

Onde:

L = Nível de intensidade sonora (dB)

w = Potência Sonora (w/m²)

d = Distância da última fileira (m).

A partir desse valor será calculada a diferença com a intensidade sonora ideal para aplicar na seguinte equação:

$$\Delta L = 10\log n$$

Equação 3

Onde:

ΔL = Diferença da intensidade sonora ideal subtraída a da última fileira (dB)

n = valor a ser encontrado (número de raios sonoros)

Para saber o número de espelhos recomendado ao local é necessário subtrair 1 (referente ao raio direto) do valor encontrado para a grandeza n, na Equação 3.

4.3. Medições

Outro fator importante na qualidade acústica de um teatro é o nível de ruídos interno, com ele pode-se determinar o quanto a fala em teatros é compreensível ao público. Será utilizada a relação Sinal/Ruído (SR), onde o nível sonoro da voz do palestrante em dB será subtraído do nível sonoro do fundo do teatro em dB, de acordo com Bispo, Oiticica e Teles (2005). Com o teatro desocupado, serão realizados testes de inteligibilidade (o grau de entendimento das palavras em seu interior) utilizando o decibelímetro digital, modelo HOMIS – 413.

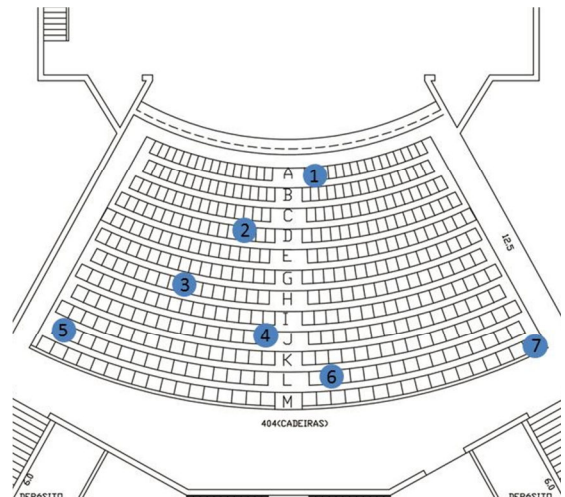
Será medido na curva A, que é a que mais se aproxima das características da audição do ouvido humano para ruídos de baixa intensidade (voz).

De acordo com a NBR 10152 (ABNT, 1987), o nível de ruído aceitável para teatros é de 30 a 40 dB, enquanto 30dB representa o nível sonoro para conforto e 40dB o máximo aceitável.

Na Figura 5 pode-se observar alguns pontos do teatro que foram escolhidos para a medição, procurando se diferenciar pela distância do palco e das paredes laterais. E na tabela 1 estão as medições realizadas no local.

Tabela 1 – Planilha de medições feitas com decibelímetro

Lugar		Sem voz		Com Voz	
		S	F	S	F
1	média	20,0	40,0	49,0	51,8
	máximo	25,1	41,6	55,3	56,7
2	média	21,1	41,4	50,3	52,3
	máximo	26,2	41,8	55,5	57,6
3	média	22,0	41,3	51,2	53,4
	máximo	25,5	43,4	54,1	57,2
4	média	24,0	39,2	51,5	53,1
	máximo	27,4	43,5	55,7	58,8
5	média	23,3	42,2	50,7	52,5
	máximo	30,4	43,4	56,2	60,1
6	média	25,1	41,3	53,2	55,7
	máximo	25,8	42,7	53,8	55,9
7	média	22,6	40,7	51,6	53,2
	máximo	25,5	41,1	53,7	56,2



S corresponde à resposta lenta, uma média do nível de ruído e F corresponde à resposta rápida

Figura 5 – Localização dos pontos de medição. Fonte: Prefeitura Municipal de Sertãozinho, com alterações da autora do artigo.

5. RESULTADOS

5.1. Cálculo do Tempo de Reverberação

De acordo com o gráfico da Figura 6, para o volume de 3503,09 m³ em uma sala de concertos, encontra-se o tempo ótimo de reverberação de 1,4s para a frequência de 500 Hz.

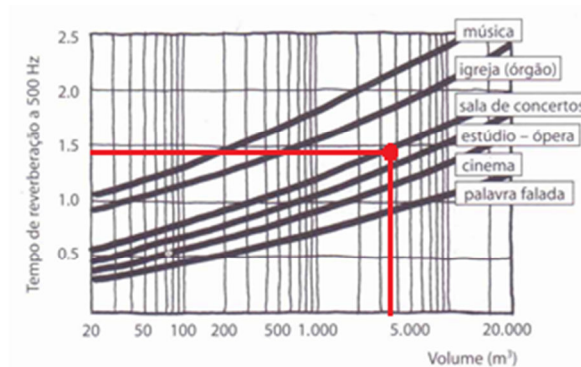


Figura 6 – Gráfico do tempo de reverberação para os diferentes usos com alterações da autora deste artigo. Fonte: (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006, p. 134)

A partir deste valor encontrado, aplicou-se o gráfico da Figura 3 para encontrar o tempo ótimo de reverberação em diferentes frequências, que pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Aplicação do fator de correção

Frequência (Hz)	Fator de Correção	Tempo Ótimo de Reverberação (s)
125	1,45	2,10
250	1,15	1,32
500	1	1,4
1000	1	1,4
2000	1	1,4

As imagens a seguir mostram alguns dos materiais utilizados no revestimento interno do teatro, e a listagem completa aparece na Tabela 3.



Figura 7 – Foto do teto com material absorvente.
Fonte: Arquivo Pessoal

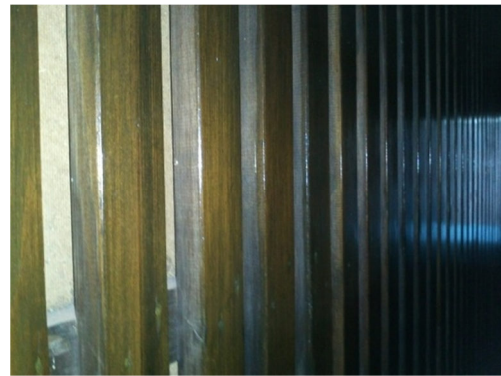


Figura 8 – Foto do revestimento da parede do fundo.
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 9 – Foto interna do Teatro objeto de estudo a partir da galeria técnica.
Fonte: Arquivo Pessoal

Tabela 3 – Planilha de cálculo de tempo de reverberação em diferentes frequências

Superfície	Material	Área	Coeficiente de Absorção				
			125Hz	250Hz	500Hz	1Khz	2Khz
Piso Plateia	Carpete	191,65	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27
Piso Circulação	Carpete	112,81	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27
Piso Palco	Tábuas de madeira	113,71	0,18	0,12	0,10	0,09	0,08
Testa Palco	Tábuas de madeira	33,54	0,18	0,12	0,10	0,09	0,08
Paredes Laterais	Carpete	310,65	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27
Parede Fundo	Chapa de lã de madeira de 25mm em parede rígida com espaço de 5 cm preenchido com absorvente acústico	54,93	0,18	0,33	0,80	0,90	0,80
Parede Palco	Reboco liso	668,25	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Portas Entrada	Porta de madeira fechada	8,4	0,14	0,10	0,06	0,10	0,10
Porta Emergência	Porta de madeira fechada	8,4	0,14	0,10	0,06	0,10	0,10
Pessoas	Público sentado em poltrona de teatro, simples/estofado	404	0,28	0,32	0,38	0,45	0,39
Forro Palco	Pente de madeira	113,71	0,20	0,15	0,12	0,10	0,10
Forro Plateia	Forrovid Basic 25mm	338,01	0,09	0,68	0,75	0,67	0,52
Pernas Coxia	Tecido de algodão, esticado liso	468,00	0,04	0,07	0,13	0,23	0,32
Cortina	Cortina de veludo com dobras aos 50% de sua área	35	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70
Caixa Cênica		35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Somatória dos valores encontrados em cada frequência (área x coeficiente de absorção)			332,37	556,24	737,98	825,14	797,49
Tempo de Reverberação Real (Fórmula de Sabine - Equação 1)			1,69	1,01	0,76	0,68	0,7

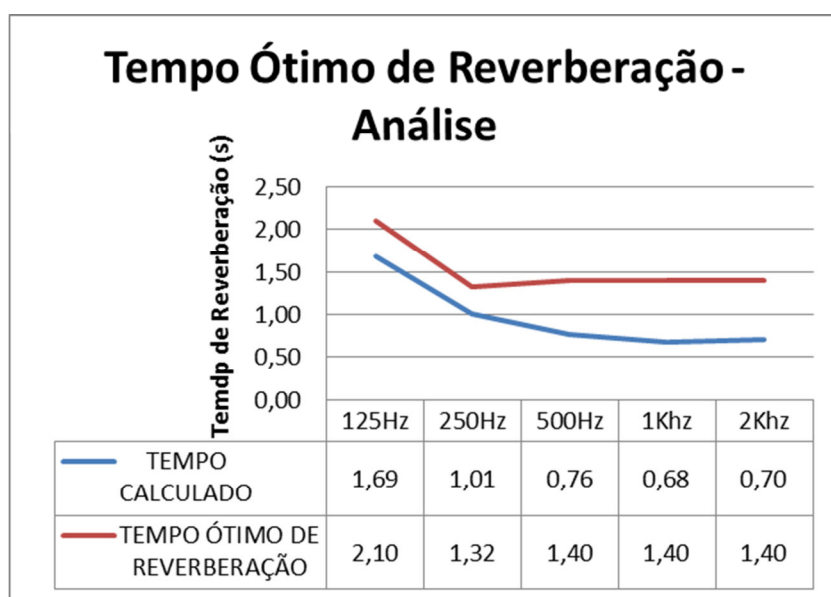
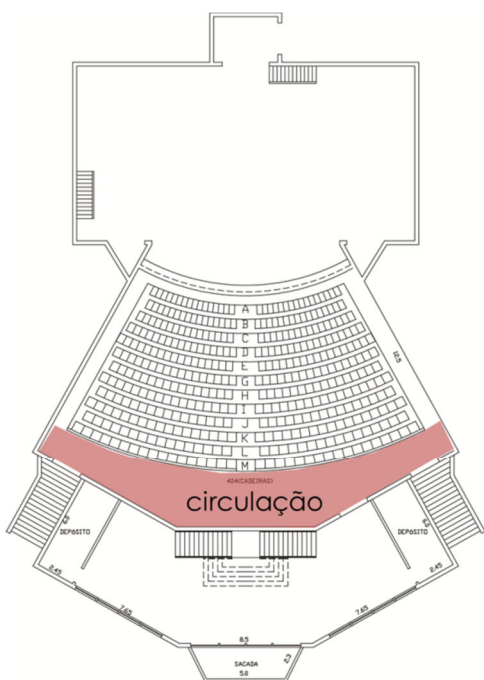


Figura 10 – Gráfico comparando o Tempo Ótimo de Reverberação com o tempo obtido.

Fonte: Arquivo Pessoal

Percebe-se no gráfico da figura 10 que o tempo de reverberação real ultrapassa o limite de 10% a menos que o tempo ótimo em todas as frequências analisadas, o que indica que o teatro é muito absorvente, ou seja, o som permanece no ambiente menos tempo do que o necessário devido à grande quantidade de materiais absorventes. De acordo com Carvalho (2010) a percepção do som se torna difícil em pontos mais afastados da fonte.



5.2. Geometria

A geometria interna de um recinto também influencia diretamente na acústica do mesmo. Pode-se perceber na Figura 11 que o espaço para circulação, entre as portas de entrada e a plateia, é excessivo, aumentando o volume da sala, conseqüentemente interferindo no valor do tempo de reverberação.

A plateia em leque auxilia a aproximação do palco à plateia, proporcionando melhor visibilidade e distribuição do som.

Figura 11 – Planta do teatro com destaque para a circulação do fundo da sala.

Fonte: Prefeitura Municipal de Sertãozinho, com alterações da autora do artigo.

5.3. Espelhos Acústicos

A partir da equação 2, chegou-se ao resultado de que a intensidade sonora que chega na última fileira é de 60,81dB. A partir desse valor foi calculada a diferença com a intensidade sonora ideal de 55dB para aplicar na Equação 3, chegando ao resultado de 0,26 raios sonoros.

Subtraindo o raio direto de 0,26 chegou-se a -0,74 raios sonoros, ou seja, não há a necessidade de espelhos acústicos para esta sala.

5.4. Medições

Pode-se notar que, de acordo com as medições realizadas, todos os níveis de ruído com voz são inaceitáveis pois ultrapassam o valor de 40dB. Durante a medição notou-se a grande influência dos ruídos externos, vindos principalmente pelas portas de entrada da sala e as portas de emergência que não possuem tratamento de isolamento acústico.

Durante uma peça no teatro foi feita a medição no ponto 4 (Figura 5) e os valores máximos encontrados para S e F são, respectivamente, 68dB e 79,5dB, ou seja, está acima do nível de intensidade de referência para a palavra falada em apresentação teatral, que é de 55dB. Pode-se constatar que a sala exige um esforço maior do ator.

6. CONCLUSÃO

A cidade de Sertãozinho possui um bom teatro municipal, e pela sua importância cultural é importante ter um ambiente corretamente condicionado acusticamente, e com as especificações corretas os problemas podem ser facilmente resolvidos, e a sala poderá receber mais opções de eventos, do que o que ocorre atualmente.

O ideal seria que o tratamento acústico tivesse sido feito em sintonia com o projeto arquitetônico, mas deve-se considerar que é um teatro construído na década de 80, momento em que a preocupação com a qualidade sonora dos ambientes não era uma prática corrente, especialmente em cidades de médio e pequeno porte.

Para o condicionamento acústico do teatro, objeto de estudo deste artigo é necessário: corrigir o tempo de reverberação da sala de espetáculos, com base nas absorções acústicas internas apresentadas através de especificação correta de materiais; promover a melhor distribuição possível dos sons gerados internamente com a correta distribuição de superfícies difusoras nas paredes laterais; corrigir a geometria, retirando o espaço excessivo para circulação no fundo da plateia; promover sistemas de isolamento acústico nas portas com relação aos ruídos externos.

Acredita-se que com estas intervenções o teatro terá um ambiente mais adequado e confortável em termos de audibilidade, especialmente para a palavra falada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152** – Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179** – Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- BISPO, Ana Cíntia Martins; OITICICA, Maria Lúcia Gondim da Rosa; TELES, Valéria Rodrigues. Qualidade acústica em um teatro – estudo de caso. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, 2005, **Anais...** Maceió, ENCAC-ELAC 2005. CD-ROM.
- CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. 2. ed. Brasília: Theasurus, 2010. 238p.
- COSTA, Ennio Cruz da. **Acústica Técnica**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2003. 127p.
- MUGNATTO, Leticia de Oliveira. **Intervenção no Teatro Municipal de Sertãozinho**: Teatro de múltiplo uso. 2011. 123f. Trabalho Final de Graduação (Arquitetura e Urbanismo) - Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto.
- PRADO, Luiz Cintra. **Acústica Arquitetônica**. São Paulo: FAUUSP, 1962. 128p.
- SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**: ouvindo a Arquitetura. 1. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2006. 149p.