

## PROJETO ACÚSTICO DE UMA SALA DE CONCERTOS/RECITAIS

Adriano Inéia<sup>1</sup>, Angélica Cristine Ghiggi<sup>2</sup>, Rodrigo Spinelli<sup>3</sup>

**Resumo:** A proposta deste estudo é avaliar e propor um projeto acústico eficiente para uma sala de concerto/recital. As soluções foram adotadas conforme os materiais fornecidos pelo comércio especializado da área. O plano de fundo do estudo é melhorar o condicionamento e desempenho acústico, a fim de aperfeiçoar as condições sonoras. Além disso, será determinado o tempo de reverberação para a frequência de 500 Hz.

**Palavras-chave:** Desempenho acústico. Condicionamento acústico. Reverberação.

### 1 INTRODUÇÃO

De maneira geral, as decisões e medidas construtivas são fundamentais para assegurar o condicionamento acústico. Sendo este anteriormente previsto em projeto, mais precisamente no arquitetônico. Outro ponto primordial é o de verificar a orientação e a constituição da fachada, tendo como finalidade a de garantir o conforto acústico do ambiente, nesse caso o concerto/recital (BORGES, 2013).

O condicionamento acústico tem como desígnio o de melhorar a qualidade acústica de qualquer espaço. Propiciando, a melhoria da audição e estímulos sonoros ocasionados no interior do espaço, ou até minimizar o ruído em locais que necessitem de silêncio como hospitais, clínicas e entre outros (CARVALHO, 2006). Mas, sobretudo a ação de distribuir o som, com a frequência, intensidade e altura adequadas, e por consequência ajustando a

---

1 Engenheiro civil diplomado pela Universidade do Vale do Taquari – Univates. Pós-graduando da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul PUC RS nos cursos de MBA em Gestão, empreendedorismo e marketing e Pós-graduação em finanças, investimento e banking.

2 Engenheira civil diplomado pela Universidade do Vale do Taquari – Univates.

3 Professor da graduação da Univates. Arquiteto e urbanista diplomado pela Universidade do Vale dos Sinos – UNISINOS. Doutorando em ambiente e desenvolvimento PPGAD pela Universidade do Vale do Taquari – Univates.

reverberação do local, extinguindo os ecos, sombras sonoras e concentração de som (MOSCATI, 2013).

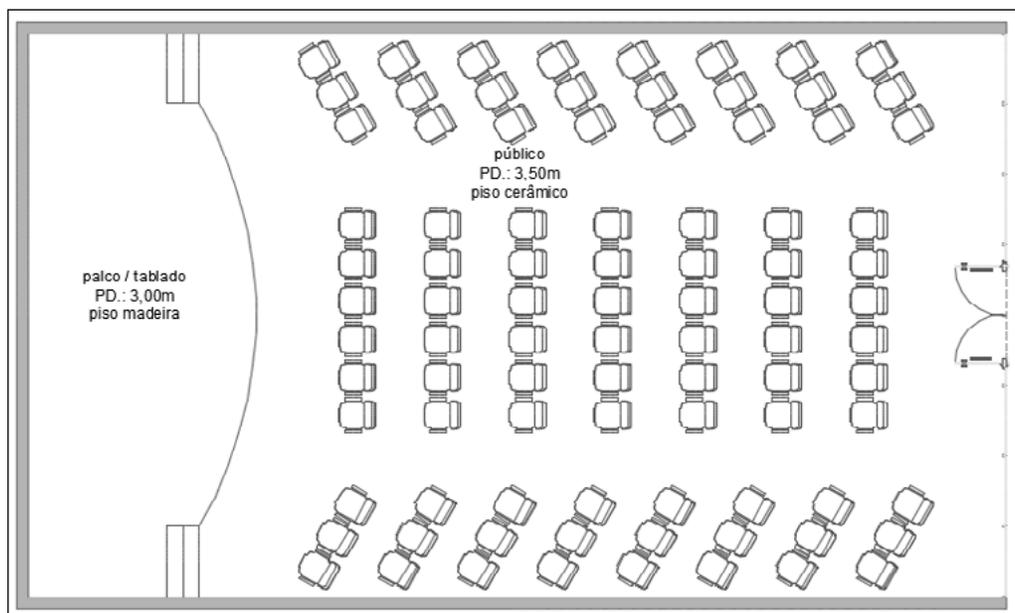
Isolamento sonoro é uma medida que inibe ou assegura a transmissão sonora, ocasionada por um determinado elemento. Sartori (2016) afirma que a transmissão sonora pode ocorrer por sons aéreos ou por percussão, ou seja, pela estrutura. A reverberação segundo a NBR 12179/1992 define esse termo como o tempo necessário para que o som deixe de ser ouvido, quando extinto a fonte sonora, o som deve sofrer um decréscimo na intensidade de 60 dB.

O projeto acústico deve ser projeto juntamente com o projeto arquitetônico, pois forma uma única obra. Portanto, o presente estudo apresenta procedimentos para o tratamento acústico de uma sala de concerto e recitais, visando a audibilidade ideal para o ambiente e que atenda a todas as normas vigentes que regularizam este tipo de projeto (ZEIN, 2001).

### **1.1 Apresentação do projeto inicial**

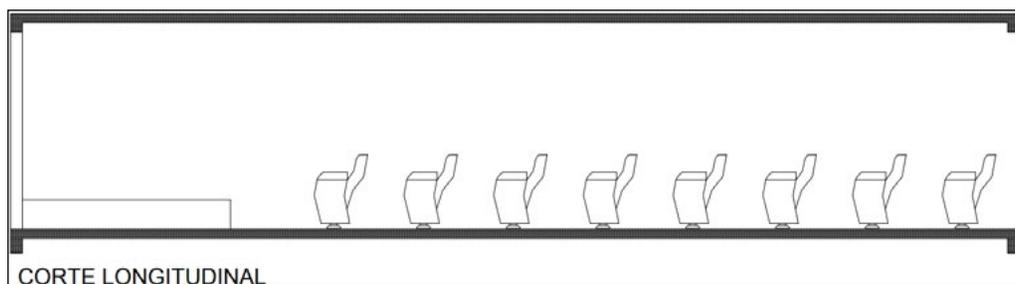
O concerto/recital tem capacidade de 90 acentos, do qual é constituído de madeira maciça revestida de tecido camurça e tamanho de 0,45 x 0,45 cm. O espaço possui as seguintes dimensões internas 17,00 x 10,00 m, o pé direito no palco/tablado (madeira) é de 3,0 m, já na plateia o pé direito é de 3,50 m e o piso revestido de cerâmica. O teto é de concreto rebocado e pintado de cor escura. A fachada do concerto/recital é composta por janelas convencionais de 10,00 x 3,00 m com vidro liso de 6 mm, já as outras paredes são de alvenaria e revestidas de reboco liso. Figura a seguir representa a planta baixa da sala de concertos/recitais.

Figura 01 – Planta baixa da edificação.



Fonte: Spinelli (2019).

Figura 02 – Corte longitudinal da edificação



Fonte: Autores(2019)

## 2 MEMORIAL DE CÁLCULO DO PROJETO INICIAL

### 2.1 Cálculo do Volume do Ambiente

Primeiramente calculamos o volume total do espaço.

### 2.1 Materiais existentes na sala de concertos/recitais

Os materiais presentes na sala estão descritos na tabela abaixo.

## Quadro 1- Levantamento dos materiais existentes

Materiais Empregados
Piso cerâmico
Palco de madeira
Teto em concreto rebocado e pintado
Paredes em alvenaria com reboco liso
Janelas convencionais com vidro liso 6mm
Cadeiras de madeira maciça vazia
Vão aberto
Cadeiras de madeira maciça ocupada

Fonte: Autores (2019).

### 2.1.2 Cálculo das áreas superficiais de cada material

#### Quadro 2- Áreas superficiais dos materiais

Materiais Empregados	Superfície (m <sup>2</sup> )
Piso cerâmico	134,93
Palco de madeira	35,07
Teto em concreto rebocado e pintado	170,00
Paredes em alvenaria com reboco liso	154,00
Janelas convencionais com vidro liso 6mm	26,01
Cadeiras de madeira maciça vazia	7,29
Vão aberto	3,99
Cadeiras de madeira maciça ocupada	10,935

Fonte: Autores (2019).

### 2.1.3 Coeficiente de absorção alfa sabine ( $\alpha$ )

Os coeficientes de absorção alfa sabine foram retirados na Tabela 1 da NBR 12179/1992, através da frequência de 500 Hz.

Quadro 3- Coeficientes de absorção das frequências

Materiais Empregados	Coeficientes de Absorção p/ a Frequência 500 Hz
Piso cerâmico	0,05
Palco de madeira	0,25
Teto em concreto rebocado e pintado	0,02
Paredes em alvenaria com reboco liso	0,02
Janelas convencionais com vidro liso 6mm	0,18
Cadeiras de madeira maciça vazia	0,17
Vão aberto	1,00
Cadeiras de madeira maciça ocupada	0,44

Fonte: Autores (2019).

#### 2.1.4 Absorção sonora

Conforme a fórmula abaixo, o somatório dos produtos é calculado pela multiplicação da área dos materiais pelos seus respectivos coeficientes de absorção sonora nas frequências indicadas.

Quadro 4- Somatório dos produtos.

Absorção Sonora	
Materiais	500 Hz
Piso cerâmico	6,75
Palco de madeira	8,77
Cadeiras de madeira maciça ocupada	4,81
Teto em concreto rebocado e pintado	3,40
Paredes em alvenaria com reboco liso	3,08
Janelas convencionais com vidro liso 6mm	4,68
Cadeiras de madeira maciça vazia	1,24
Vão aberto	3,99
Total:	36,72

Fonte: Autores (2019).

### 2.1.5 Tempo de Reverberação atual do ambiente na mesma frequência

O TR é calculado a partir da fórmula abaixo que leva em consideração o volume e a absorção total do ambiente.

Quadro 5- Tempo de Reverberação atual.

Tempo de Reverberação TR	
500 Hz	2,61

Fonte: Autores (2019).

### 2.1.6 Tempo de Reverberação ideal para o ambiente de 500 Hz

Para o Tempo de Reverberação a 500 Hz, foi utilizado o gráfico da NBR 12179/2000, sendo considerado a finalidade e o volume do ambiente.

Quadro 6- Tempo de Reverberação ideal para 500 Hz.

Tempo de Reverberação Ideal TR 500 Hz - Sala de Concertos
1,1

Fonte: Autores (2019).

Desta forma é necessário adicionar em média 50,37 sabines à absorção total para a frequência de 500 Hz.

### 2.1.7 Zona ideal

Quadro 7- Zona Ideal.

Frequência	Zona Ideal	
	10% a menos	10% a mais
500 Hz	0,99	1,21

Fonte: Autores (2019).

### 2.1.8 Comparativo entre o Tempo de Reverberação atual e Tempo de Reverberação ideal das frequências.

Quadro 8- Comparativo entre TR atual e TR ideal

Comparativo de TR		
Frequência	TR (s) atual	TR (s) ideal
500 Hz	2,61	1,1

Fonte: Autores (2019).

## 3 MEMORIAL DE CÁLCULO DO PROJETO PROPOSTO

### 3.1 Cálculo do Volume do Ambiente

Cálculo do volume total do espaço.

### 3.2 Materiais propostos para a sala de concertos/recitais

Os materiais propostos para a sala estão descritos na tabela abaixo.

Quadro 9- Levantamento dos materiais propostos.

Materiais Empregados
Tapete bali macio
Palco de madeira
Teto de gesso
Paredes em alvenaria com chapa de acústica macia diretamente na parede
Janelas convencionais com vidro liso 6mm
Cadeiras de madeira maciça vazia
Vão aberto
Cadeiras de madeira maciça ocupada (camurça)

Fonte: Autores (2019).

### 3.3 Cálculo das áreas superficiais de cada material

Quadro 10- Áreas superficiais dos materiais.

Materiais Empregados	Superfície (m <sup>2</sup> )
Tapete bali macio	134,93
Palco de madeira	35,07
Teto de gesso	170,00
Paredes em alvenaria com chapa de acústica macia diretamente na parede	154,00
Janelas convencionais com vidro liso 6mm	26,01
Cadeiras de madeira maciça vazia	7,29
Vão aberto	3,99
Cadeiras de madeira maciça ocupada (camurça)	10,935

Fonte: Autores (2019).

### 3.4 Coeficiente de absorção alfa sabine ( $\alpha$ )

Os dados utilizados nos coeficientes de absorção alfa sabine foram retirados na Tabela 1 da NBR 12179/1992, através da frequência 500 Hz.

Quadro 11- Coeficientes de absorção das frequências.

Materiais Empregados	Coeficientes de Absorção p/ a Frequência 500 Hz
Tapete bali macio	0,20
Palco de madeira	0,25
Teto de gesso	0,03
Paredes em alvenaria com chapa de acústica macia diretamente na parede	0,27
Janelas convencionais com vidro liso 6mm	0,18
Cadeiras de madeira maciça vazia	0,17
Vão aberto	1,00
Cadeiras de madeira maciça ocupada	0,44

Fonte: Autores (2019).

### 3.5 Somatório dos produtos das diversas áreas pelos seus respectivos coeficientes de absorção sonora

Conforme a fórmula abaixo, o somatório dos produtos é calculado pela multiplicação da área dos materiais pelos seus respectivos coeficientes de absorção sonora nas frequências indicadas.

Quadro 12- Somatório dos produtos

Absorção Sonora	
Materiais	500 Hz
Tapete bali macio	26,99
Palco de madeira	8,77
Cadeiras de madeira maciça vazia	1,24
Teto de gesso	5,10
Paredes em alvenaria com chapa de acústica macia diretamente na parede	41,58
Janelas convencionais com vidro liso 6mm	4,68
Cadeiras de madeira maciça ocupada	4,81
Vão aberto	3,99
Total:	97,16

Fonte: Autores (2019).

### 3.6 Tabela com o Tempo de Reverberação atual do ambiente na mesma frequência

O TR é calculado a partir da fórmula abaixo que leva em consideração o volume e a absorção total do ambiente.

Quadro 13- Tempo de Reverberação atual

Tempo de Reverberação TR	
500 Hz	0,99

Fonte: Autores (2019).

### 3.7 Tempo de Reverberação ideal para o ambiente de 500 Hz

Para o Tempo de Reverberação a 500 Hz, foi utilizado o gráfico da NBR 12179/2000, sendo considerado a finalidade e o volume do ambiente.

### Quadro 14- Tempo de Reverberação ideal para 500 Hz

Tempo de Reverberação Ideal TR 500 Hz - Sala de Concerto
1,1

Fonte: Autores (2019).

Desta forma o valor obtido na faixa de 500 Hz foi de 97,16 sabines, valor este superior ao de 87,09 sabines necessários.

### 3.8 Zona ideal

#### Quadro 15- Zona Ideal

Zona Ideal		
Frequência	10% a menos	10% a mais
500 Hz	0,99	1,21

Fonte: Autores (2019).

### 3.9 Comparativo entre o Tempo de Reverberação atual e Tempo de Reverberação ideal das frequências.

#### Quadro 16- Comparativo entre TR atual e TR ideal

Comparativo de TR		
Frequência	TR atual	TR ideal
500 Hz	0,99	1,1

Fonte: Autores (2019).

### 3.10 Comparativo entre o Tempo de Reverberação do projeto inicial e o Tempo de Reverberação do projeto proposto das frequências.

#### Quadro 17- Comparativo entre TR inicial e TR melhoria

Comparativo de TR		
Frequência	TR inicial	TR melhorias
500 Hz	2,61	0,99

Fonte: Autores (2019).

## 4 CONCLUSÃO

Conclui-se através dos resultados obtidos inicialmente, que o projeto não atendeu a NBR 12179/1995 que regulariza as salas de concerto/recital, no parâmetro de reverberação, além disso, o resultado encontrado excedeu a zona ideal de condicionamento acústico.

Posteriormente, as adaptações dos materiais empregados nos revestimentos (teto, forro, parede e piso) e a troca das cadeiras. Por consequência se constatou uma melhoria significativa na acústica do concerto/recital. Alcançando os parâmetros estipulados pela norma, ou seja, se enquadrando na zona ideal.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BORGES, R. M. **Análise de desempenho térmico e acústico de unidades habitacionais construídas no conjunto habitacional Benjamin José Cardoso em Viçosa-MG**. Minas Gerais, 2013. Dissertação (Magister Scientiae em Engenharia Civil).

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2006.

MOSCATI, S. R. **Desempenho acústico de templos e igrejas: subsídios à normalização**. São Paulo, 2013. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo).

SARTORI, L. **Isolamento e condicionamento acústico de um salão de festas em um prédio residencial**. Porto Alegre, 2016. Tese (Engenharia Civil).

ZEIN, R. V. **Sala São Paulo de Concertos**. São Paulo: Alter Market, 2001.