

AULA 3 – TEMPO DE REVERBERAÇÃO E ABSORÇÃO SONORA

1) Tempo de Reverberação

Definição presente na ABNT: “Tempo necessário para que um som deixe de ser ouvido, após a extinção da fonte sonora, e expresso em segundos. O tempo de reverberação é medido como o tempo necessário para que o som sofra um decréscimo de intensidade de 60 dB.”

O tempo de reverberação é um conceito utilizado em acústica de salas: auditórios, salas de aula, teatros, igrejas, salas de concerto, cinemas, etc. O tempo de reverberação também varia em função da frequência.

- **Exemplos de tempos de reverberação típicos:** sala de estar - 0,5s; escritório – 0,3s a 0,5s; teatro – 1s; sala de concertos – 2s;

Os aspectos que configuram o tempo de reverberação são: coeficientes de absorção e o volume do ambiente.

2) Absorção sonora:

O coeficiente de absorção (α): indica a capacidade de um material em absorver o som. Materiais com absorção $\alpha > 0,50$ são considerados materiais absorventes (média a alta), enquanto materiais com absorção $\alpha < 0,20$ são considerados materiais refletores.

Obs.: o coeficiente de absorção é variável de acordo com a frequência;

- **Exemplos de coeficientes de absorção:**

	Refletida	Absorvida	Coefficientes de absorção* (* f = 1000 Hz)
Janela aberta	0%	100%	$\alpha = 1$
Lã de vidro	20%	80%	$\alpha = 0,80$
Tijolos aparentes	98%	2%	$\alpha = 0,02$

3) Cálculo do Tempo de Reverberação

O cálculo do tempo de reverberação de um ambiente é dado pela fórmula:

$$T = \frac{(0,161 \times V)}{A_{total}}$$

Onde:

T = tempo de reverberação (segundos)

V = volume da sala (m³)

A_{total} = absorção total (sabines)

Enquanto isso, o cálculo da absorção total é representado em sabines e é dado pela fórmula:

$$A_{total} = \sum A_{superficies} + \sum A_{objetos}$$

Onde:

A_{total} = absorção total (sabines)

$\sum A_{superficies}$ = somatório das absorções das superfícies (sabines)

$\sum A_{objetos}$ = somatório das absorções dos objetos (sabines)

Nesse sentido, o cálculo das absorções das superfícies e dos objetos são dados pelas fórmulas:

$$A_{superficie} = (\alpha \times S)$$

Onde:

$A_{superficie}$ = absorção total da superfície (sabines)

α = coeficiente de absorção da superfície (tabelado pela norma)

S = área de superfície aparente do material (m²)

e

$$A_{objeto} = (n \times A)$$

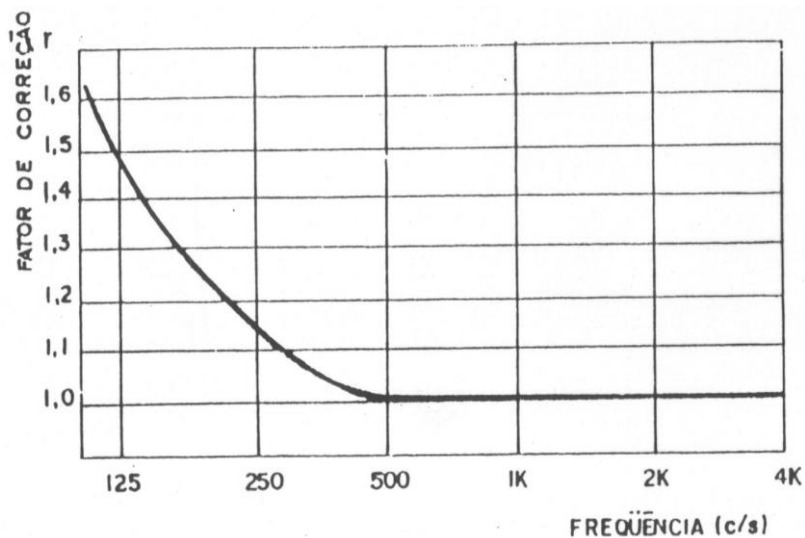
Onde:

A_{objeto} = absorção total de um elemento (sabines)

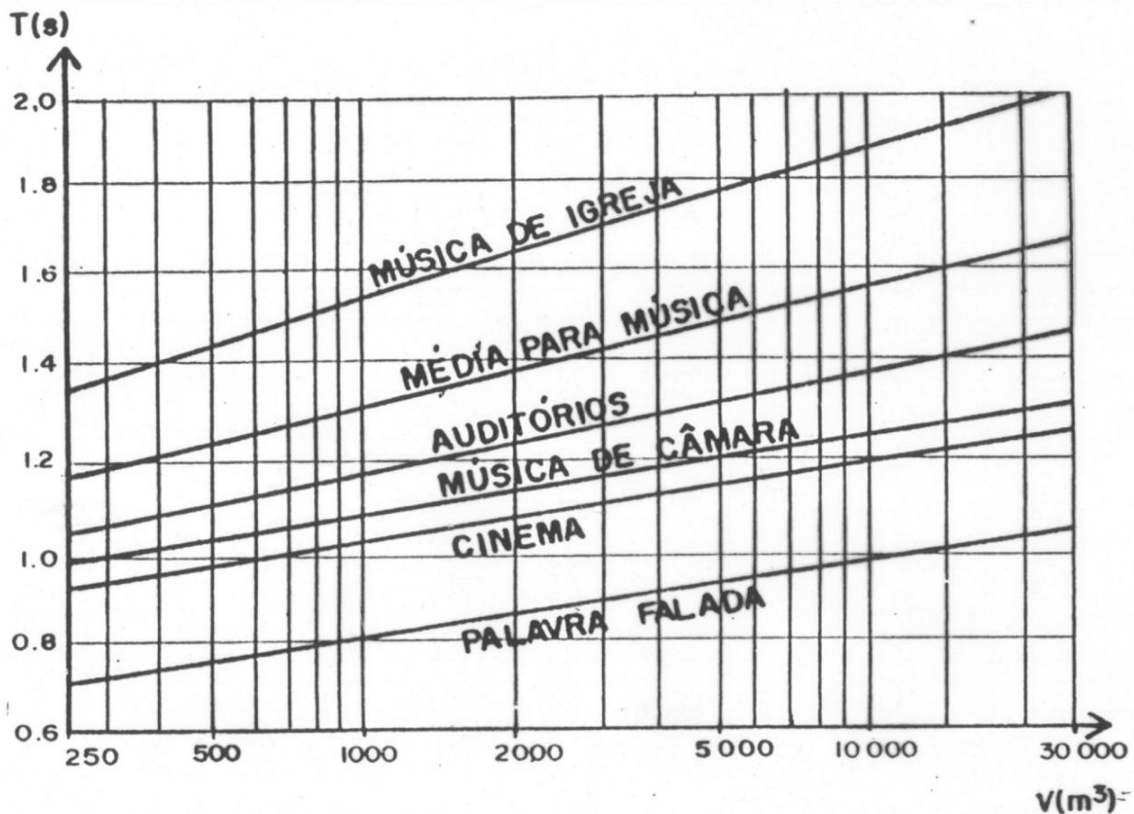
n = quantidade de objetos de absorção

A = absorção global do objeto (sabines – tabelado)

Uma vez que os valores do tempo de reverberação são variáveis de acordo com a frequência, é importante considerar a correção do tempo de reverberação de acordo a referência calculada. A correção é dada pelo gráfico abaixo:



Além disso, existem tempos ótimos de reverberação de acordo com as funções que serão exercidas dentro do ambiente. Esse valor varia de acordo com o volume da sala e da função que ela vai desempenhar e deve ser considerado como o valor de referência que vai nortear a adoção das estratégias de tratamento acústico do ambiente. Em casos em que o tempo de reverberação calculado é maior que o tempo de reverberação ótimo se sugere a colocação de mais materiais absorventes (aumento da absorção total), enquanto que em casos onde o tempo de reverberação calculado é menor que o tempo de reverberação ótimo se sugere a redução de materiais absorventes (redução da absorção total). Os tempos ótimos em função do volume do espaço estão expressos no gráfico abaixo:



V (m³): volume da sala

T (s): tempo ótimo de reverberação

Fonte: DE MARCO, Conrado Silva. Elementos de acústica arquitetônica, p. 40.

4) Materiais Acústicos

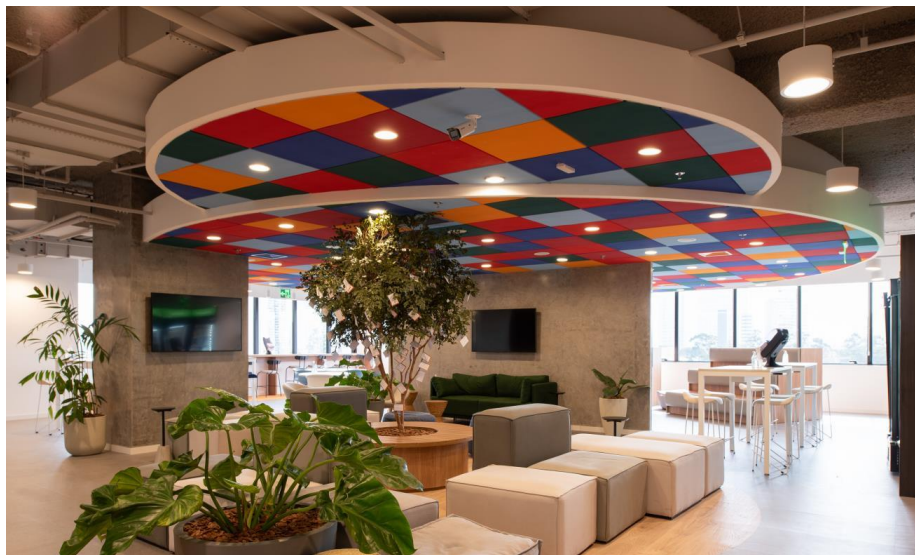
- Lã de vidro

- **Exemplo: Isover – Saint Gobain:** absorção e isolamento acústico; minimiza a propagação de ruídos e facilita o controle da climatização ambiente; construção a seco.

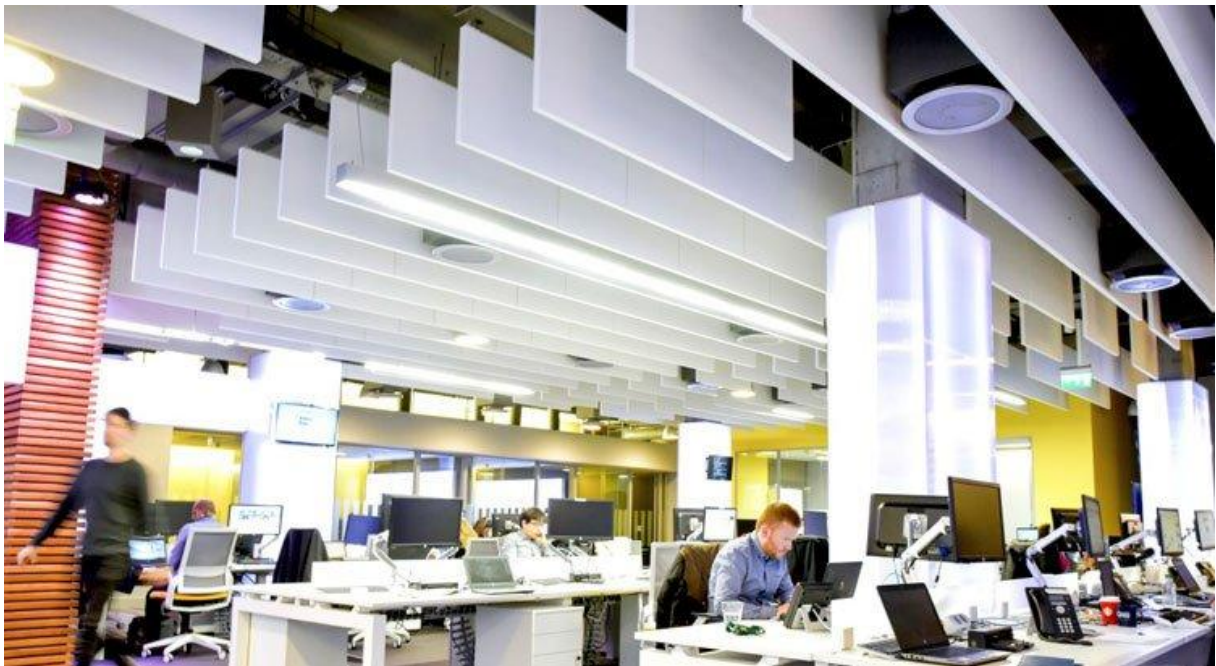


- Placas acústicas

- **Exemplos: Sonex Iltec Plano – Saint Gobain:** fornecem um desempenho acústico profissional; constitui-se com acabamento final; proporciona um visual agradável para ambientes como auditórios, escritórios, *call centers*, restaurantes, escolas e entre outros;



- **Exemplos: Sonex Illtec Baffle – Saint Gobain:** fornecem um desempenho acústico profissional; constitui-se com acabamento final; Painel vertical para absorção de ruídos; para ambientes com cobertura em estrutura metálica ou elevado pé direito;



- **Exemplos: Sonex Iltec Perfilado – Saint Gobain:** fornecem um desempenho acústico profissional; constitui-se com acabamento final; utiliza o princípio das cunhas anecóicas para multiplicar a área de absorção; ambientes de áudio profissional como estúdios;



5) Exercício de tempo de reverberação realizado em aula:

Calcular, para a frequência de 1000 Hz, o tempo de reverberação de uma sala de aula com dimensões de 12m x 15m e altura de 5m, com 100% de ocupação (40 pessoas). Considerar que as paredes e o teto sejam todos revestidos de reboco, e o piso seja cerâmico.

Elabore uma proposta para os revestimentos internos, de modo que a sala apresente um tempo ótimo de reverberação para “palavra falada”, com 100% de ocupação, na frequência de 1000Hz.

Observações: será necessário efetuar o cálculo do TR várias vezes, alterando os revestimentos e elementos, até que o tempo ótimo seja atingido.

- Resolução:

ÁREAS

$$A_{\text{PAREDE}} = 2 \times (15 \times 5) + 2 \times (12 \times 5)$$
$$A_{\text{PAREDE}} = 270\text{m}^2$$

$$A_{\text{TETO}} = 12 \times 15$$
$$A_{\text{TETO}} = 180\text{m}^2$$

$$A_{\text{PISO}} = 12 \times 15$$
$$A_{\text{PISO}} = 180\text{m}^2$$

ABSORÇÃO

$$A_{\text{REBOCO}} = 0,02 \times (270 + 180)$$
$$A_{\text{REBOCO}} = 9 \text{ sabines}$$

$$A_{\text{CERÂMICO}} = 0,01 \times 180$$
$$A_{\text{CERÂMICO}} = 1,8 \text{ sabines}$$

$$A_{\text{PESSOAS}} = 0,45 \times 40$$
$$A_{\text{PESSOAS}} = 18 \text{ sabines}$$

ABSORÇÃO TOTAL

$$A_{\text{TOTAL}} = 9 + 1,8 + 18$$
$$A_{\text{TOTAL}} = 18,8 \text{ sabines}$$

TEMPO DE REVERBERAÇÃO

$$TR = \frac{0,161 \times (5 \times 12 \times 15)}{28,8}$$
$$TR = 5,03\text{s}$$

6) Referências Bibliográficas:

Informações e imagens Sonex Illtec:

<<https://diviplus.com.br/portfolio-item/forro-acustico-sonex/>>.

<<https://portalacustica.info/tratamento-acustico-para-empresas-e-escritorios-corporativos/>>.

Informações e imagens Isover Saint Gobain:

<<https://www.jmdecoracoes.com.br/rolo-la-de-vidro-isolamento-termico-acustico-1200x12500x50mm-isover/p/6295>>.

<<https://www.isover.com.br/>>.